Die

Schule der Baukunst.

II.

Die

Schule der Baukunst.

Ein Handbuch

für Architekten, Bau= und Gewerbschulen, und zum Selbstunterricht

für

Bauhandwerker und Bauunternehmer.

Zweiter Band.

In drei Abtheilungen.

Enthaltend:

1. Abth. Die Schule des Zimmermanns, 2 Thle. — 2. Abth. Die Schule des Maurers, 2 Thle. — 3. Abth. Die Schule des Steinmetzen.

Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig,

Verlag von Otto Spamer.

1861.

[illegible] I Thle.

Die

Schule des Zimmermanns.

Praktisches Hand- und Hülfsbuch
für
Architekten und Bauhandwerker, so wie für
Bau- und Gewerbschulen.

Bearbeitet
von

B. Harres,
Baurath und Lehrer der Architektur an der höhern Gewerbschule in Darmstadt.

Zweiter Theil.
Brückenbau.

Mit 232 Abbildungen, nach Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten.

Leipzig,
Verlag von Otto Spamer.
1861.

Vorwort.

Bei der Bearbeitung dieses zweiten Theils der „Schule des Zimmermanns“, welcher vorzugsweise die beim Ingenieurbauwesen vorkommenden Arbeiten des Zimmermanns enthalten sollte, folgte ich der in dem Schlußworte zur zweiten Auflage des ersten Theils derselben ausgesprochenen Ueberzeugung, daß die „Schule des Zimmermanns“ mehr Nutzen bringen werde, wenn darin nur ein Theil der Arbeiten des Zimmermanns Aufnahme, dabei aber eine dem Werthe des Gegenstandes entsprechende Erörterung finde, als wenn darin alle Arbeiten, aber in allzu gedrängter Kürze vorkämen.

Der Vervollständigung der Kenntniß von dem Bauholze mußte Rechnung getragen werden durch Betrachtungen über den Hausschwamm und über das Conserviren des Bauholzes, und die beim gesammten Ingenieurbauwesen so wichtigen Gründungen nehmen eine so umfangreiche Erörterung in Anspruch, daß bei dem vorgeschriebenen, geringen Umfange des Werkchens die Unmöglichkeit vorlag, die Arbeiten des Zimmermanns in allen Zweigen des Ingenieurbauwesens gründlich zu erörtern.

Wir entschieden uns für die Bearbeitung des Brückenbaues in der Absicht, die etwa nothwendig werdenden weiteren Auflagen dieses Werkchens, durch Abhandlungen über die Arbeiten des Zimmermanns auf den anderen Gebieten des Ingenieurbauwesens nach Möglichkeit zu vervollständigen.

Darmstadt, im August 1860.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

Fünfter Abschnitt.

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Achter Abschnitt.

Neunter Abschnitt.

Zehnter Abschnitt.

Erster Abschnitt.

Von dem Hausschwamm.

Der das Holzwerk zerstörende Hausschwamm (merulius destruens), welcher nie an freistehendem Holze vorkommt, vielmehr nur im Innern von Gebäuden an bereits verwendeten Hölzern entsteht und in der Regel erst alsdann entdeckt wird, wenn er das davon ergriffene Holz bereits zerstört hat, ist einer gründlichen Untersuchung in Bezug auf sein Entstehen, seine Weiterverbreitung und seine eigenthümliche Wirkung auf das Holz unseres Wissens von Naturforschern noch nicht gewürdigt worden; ob es gleichwohl vom höchsten Interesse sein müßte, die Natur einer Pflanze zu erforschen, welche nur da entsteht und gedeiht, wo die Lebensbedingung andrer Pflanzen, Luft und Licht, fehlt. — Erfahrungsgemäß entsteht der zerstörende Hausschwamm nur an Hölzern, welche feucht erhalten werden und abgeschlossen sind gegen den Zutritt des Lichts und des Luftzugs, und er bildet sich um so rascher aus, wenn die Oertlichkeit gegen Kälte geschützt ist. Andere Schwämme, welche an dem Holze als Anzeichen der Fäulniß da entstehen, wo Feuchtigkeit, Luft und Licht Zutritt haben, wachsen dem Lichte zu und sind dadurch, daß sie vor das Holzwerk vortreten und von außen gesehen werden können, durchaus verschieden von dem zerstörenden, nur im Finstern wachsenden und von außen nicht erkennbaren Hausschwamm, von welchem hier die Rede ist.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß unter sonst gleichen Umständen unreifes, splintreiches, in der Saftzeit gefälltes oder vor seiner Austrocknung verwendetes Bauholz leichter vom Schwamm ergriffen und zerstört wird, als altes und festes, zur rechten Winterzeit gefälltes und vor seiner Verwendung vollkommen lufttrocknes Bauholz. Ebenso lehrt uns die Erfahrung, daß diejenigen Holzarten von dem Hausschwamm um so rascher ergriffen werden, je weniger fest sie an und für sich sind und je geringer ihre Dauer im Freien und bei abwechselnder Nässe und Trockenheit ist.

An Eichenholz ist der Schwamm nur selten und meist nur da vorgefunden worden, wo der an Nadelhölzern oder an leicht stockenden Laubhölzern

entstandene Schwamm sich von diesen Hölzern über das Eichenholz verbreitet hatte. Die Wirkung des Schwammes, welche darin besteht, daß er das Holz in eine bröckliche und leicht zerreibliche Masse, in der auch die Holzfaser so zerstört ist, daß sich ihre Richtung nicht mehr erkennen läßt, verwandelt; zeigte sich an dem Eichenholze nur in der Abtrennung einer dünnen, von dem Schwamme überzogenen und zerstörten Schichte, während die von dem Schwamme überzogenen Laubhölzer mehr oder weniger vollständig zerstört waren.

Wenn Hölzer, ihrer Natur nach zum Schwamme geneigt, an Oertlichkeiten verwendet werden, wo Licht und Luftzug abgehalten, dagegen Feuchtigkeit und Wärme zugeführt wird, so werden sie an der dem Finstern zugewendeten Seite von dem Schwamme ergriffen und es verbreitet sich derselbe von da aus weiter, ohne daß er je, selbst wenn Risse oder Fugen am Holze vorhanden sind, an der dem Lichte zugewendeten sichtbaren Oberfläche des Holzes erschiene. Sobald Licht und Luftzug den bereits von dem Schwamme ergriffenen Seiten des Holzes zugeführt wird, stirbt der Schwamm ab und die Zerstörung, wie sie der Schwamm erzeugt, schreitet nicht weiter vor. Es ist diese Zerstörung nicht Fäulniß, da ja zur Fäulniß organischer Substanzen bekanntlich außer den Bedingungen zum Hausschwamme, als: erhöhte Temperatur über 0 Grad und Vorhandensein von Wasser, auch noch Zutritt der atmosphärischen Luft gehört, während der Schwamm nur da entsteht und entstehen kann, wo Licht und Luftzug fehlt. In seinem Entstehen erscheint der Hausschwamm als ein Ueberzug von weißlichen Fasern, welche erst nach und nach sich zu einer weißlichen, zähen und übelriechenden Haut vereinigen, deren feine Wurzelfasern tief in das Holz eindringen. Greift der Schwamm mehr um sich, so verbreitet sich das Gespinnste in fadenartigen Verzweigungen über das Holz weg in das Mauerwerk und selbst in den Boden, so daß er im Ganzen spinnwebenartige, dabei aber von stärkeren Aesten durchzogene Decken bildet, mit denen alles dem Lichte abgewendete und gegen Luftzug abgeschlossene Holz sammt dem angrenzenden Mauerwerk überzogen ist. Die anfangs weißliche Farbe des Ueberzugs wird bei altem Schwamme braun und die Festigkeit der Fasern und stärkeren Geäste desselben, welcher dann keine zusammenhängende Haut mehr bildet, sondern Maschen zeigt, welche die verschlungenen Fasern frei lassen, steht der Festigkeit der Fasern von gesundem Holze wenig nach.

Mit seinem Entstehen verbreitet der zerstörende Hausschwamm durch seine kohlenstoffhaltige Ausdünstung einen übeln Geruch, welcher bei weiterer Ausbildung zunehmend unerträglicher wird. Da dieser Schwamm, wie bereits erwähnt, nie vor das Holzwerk tritt, so ist dasselbe in der Regel schon zerstört, wenn man durch das Auseinanderfallen oder plötzliche Brechen der außen scheinbar noch gesunden Hölzer darauf aufmerksam gemacht wird, und

es ist der üble Modergeruch der einzige, aber auch sichere Vorbote des Vorhandenseins von Hausschwamm.

Er entsteht entweder durch die Verwendung von nassem oder in der Saftzeit gehauenem, sonach ohnehin zur Fäulniß geneigtem Holze, welches schon vor dem völligen Austrocknen verkleidet oder an feuchten, dunklen und dem Luftzuge entzogenen Orten verwendet wird; oder auch bei sonst gesunden Hölzern, welche von innen feucht erhalten, von außen aber der Einwirkung der Sonne und des Luftzugs entzogen werden. Am häufigsten kommt er in den Lagerhölzern der Fußböden vor, welche entweder unmittelbar auf dem Boden ruhen oder unter denen zwar ein leerer, aber mit stehender Luft angefüllter Raum sich befindet. Er erzeugt sich ferner in lange verschlossenen Räumen, in denen keine Circulation der Luft stattfindet, wo die Bodenfeuchtigkeit nicht verdunsten kann und von dem Boden in alle mit diesem in Verbindung stehenden Hölzer, selbst die senkrechten Wände, eindringt. In solchen Oertlichkeiten verbreitet er sich überaus schnell und erscheint zuerst in den Ecken, wo in der Regel alle Bewegung der Luft fehlt. Er entwickelt sich selbst in sonst trockenen Wohnräumen der oberen Stockwerke, wenn diese Räume zwar bewohnt, aber nicht ausreichend gereinigt und gelüftet werden. Hier erscheint er zuerst an Stellen, wo das Sonnenlicht nicht hingelangen und die Luft nicht bewegt werden kann, in den durch Geräthe bedeckten Ecken der Füllböden und unter Geräthen, in deren Nähe Nässe erzeugt wird und welche oft Jahre lang unverrückt stehen geblieben. Es kommt der Schwamm auch an Gebäuden vor, die auf trockenem Grunde stehen, gut ausgetrocknet sind, und die auch in Bezug auf die Lüftung gut unterhalten werden, so daß für die Entstehung dieses Uebels die bereits erwähnten Bedingungen fehlen. In solchen Fällen erklärt sich die Entstehung desselben durch zwei Umstände. Entweder wurden die Fundamentmauern und Gewölbe oder die Zwischenräume der Gebälke vor deren Austrocknen mit Bauschutt oder Sand, wohl gar mit Gartenerde ausgefüllt, und man legte sogleich in diese Ausfüllung die Fußbodenlager und demnächst darauf die Fußböden, wodurch die abgeschlossene feuchte Luft der Bewegung und dem Lichte entzogen wurde; oder es wurde zu den Lagern, Schwellen, Pfosten und Brettern unreifes, sonach splintreiches, oder in der Saftzeit gefälltes Holz verwendet, welches vorher nicht völlig ausgetrocknet war. Es muß demnach als verwerflich bezeichnet werden, zu den Lagern der Fußböden ebener Erde, wie so häufig geschieht, die Spitzen der Baustämme oder den Keim des baldigen Verderbens in sich bergende Abfälle zu nehmen, und es kann ebenso vor dem zu frühen Ausfüllen der Fundamente, Gewölbe und Balkengefache, und vor der Verwendung von Erdarten, welche Düngerstoffe enthalten, zum Ausfüllen, nicht eindringend genug gewarnt werden.

Kommt der Schwamm an Gebäuden vor, bei deren Bau alle Sorgfalt

auf die Wahl eines fehlerfreien Materials und auf gute Ausführung verwendet wurde, so weist es darauf hin, daß der Baugrund Quellenadern hat oder daß sonst Wasser zugeführt wird, welches, in den Fundamentmauern aufsteigend, die Lagerhölzer, Schwellen oder anderes Holzwerk erreicht und nun an den Stellen, wo Licht und Luftzug mangelt, den Hausschwamm erzeugt. Diese durch aufdringende Grundfeuchtigkeit veranlaßte Entstehung ist die gefährlichste, weil eine gründliche Entfernung der Ursache selten und in der Regel nur mit bedeutenden Kosten, welche denen eines völligen Umbaues nahe kommen, zu erreichen ist.

Der Entstehung des Hausschwammes kann nach dem, was uns über seine von andern Pflanzen so ganz abweichende Natur bekannt ist, nicht anders vorgebeugt werden, als daß man: erstens nur durchaus gesundes, festes und trocknes Holz verwendet und dieses vor seinem völligen Austrocknen weder verkleidet, verputzt, noch mit einem den Luftzug abhaltenden Anstriche versieht; zweitens die Feuchtigkeit vom Holze abhält und, wo dieß nicht möglich ist, das Holz dem Licht und dem Luftzug aussetzt, damit die eindringende Feuchtigkeit auf dem kürzesten Wege entfernt und so die Entstehung des nur ohne Licht und ohne Luftzug gedeihenden Hausschwammes unmöglich gemacht wird; drittens zur Unterlage der Fußböden ebener Erde und zur Ausgleichung der Balkengefache für die Fußböden der oberen Stockwerke nur trocknen reinen Sand oder Kalkschutt, durchaus aber keine die Fäulniß und Pflanzenbildung befördernde Gartenerde verwendet.

In Gebäuden mit durchgehenden Kelleranlagen, für deren beständige Lüftung gesorgt ist, erscheint der Hausschwamm selten. Fehlen die Keller und ist der Baugrund trocken, so wird es hauptsächlich von der Ausfüllung der Fundamente abhängen, ob er in Folge davon, daß das Holz feucht erhalten wird, entsteht.

Außer dem reinen Sande und Kalkschutt wird als Füllmaterial eine Mischung von trockenem Lehm, grob gestoßenem Ziegelmehl und Kohlenstaub, die mit Ochsenblut und etwas Thiergalle angenäßt und fest-gestampft wird, ähnlich wie bei der Herstellung der Dreschtennen, zu empfehlen sein.

Die Holzkohle, die Cemente und die hydraulischen Kalke sollen sich als Mittel gegen den Hausschwamm in vielen Fällen bewährt haben. Hölzer, welche unter die Erde zu liegen kommen, sollen mit Kohlenstaub, Kalk oder Cementpulver möglichst dicht beworfen und ebenso deren vorher bereitetes Lager einige Linien dick damit bestreut werden.

Wir erwähnen hier noch einiger Schutzmittel gegen den Hausschwamm, welche von Herrn Chemiker Jung in den „Hannovrischen Mittheilungen“ (1859. S. 90) als bewährt bekannt gemacht wurden. In einer Gegend, wo der Hausschwamm sehr häufig auftritt und Gebäude, welche kaum drei Jahre

standen, im Holzwerk vom Hausschwamm vollständig zerstört sind, wurden zum Schutze neuerbauter Häuser gegen dieses Uebel von dem Verfasser obiger Bekanntmachung zwei verschiedene Methoden angewendet, welche sich insofern bewährt haben, als daneben und zu derselben Zeit, sowie mit demselben Material erbaute Gebäude bereits durch Schwämme zerfressen sind, während die nach seiner Angabe erbaueten nach mehreren Jahren noch wohlerhalten, dabei aber auch trocken und gesund blieben. Nach der ersten Methode wurde das Fundament, nachdem es ziemlich trocken war, mit einer zusammengeschmolzenen Mischung aus 4 Theilen Harz, 1 Theil Theer und 8 Theilen Sand übergossen. Hierauf wurden die innern Räume, welche später gedielt werden sollten, mit einem Mörtel aus 4 Theilen Steinkohlenasche, 5 Theilen Sand und 3 Theilen zu Staub gelöschtem Kalk ausgefüllt, und, nachdem die Füllung gut geebnet worden, die Oberfläche mit trockenen Backsteinen überlegt. Nach acht Tagen wurde die Backsteinlage nochmals erneuert, damit dadurch der Mörtelunterlage das zur Bindung des Mörtels erforderliche Wasser nicht entzogen wurde. Bis zu der Zeit, wo mit dem Dielen begonnen werden konnte, war der Estrichboden steinhart geworden. Es wurden Unterlagen aus Fichtenholz angewendet, welche genau abgerichtet und mit Chlorzink imprägnirt waren; die Zwischenräume wurden mit zu Staub gelöschtem Kalk zu 3 Theilen und trockenem reinen Sand zu 5 Theilen ausgefüllt, und darauf wurden die Dielen gelegt. Nach mehreren Jahren hat sich weder im Fußboden noch an der Mauer Schwamm gezeigt, während das Nachbarhaus am Fußboden fast gänzlich zerfressen ist. — Nach der zweiten Methode wurde das Fundament ebenso wie bei der ersten behandelt; an Stelle der Füllung mit Asche, Kalk und Sand in Mörtelform wurde aber diese Masse in denselben Mischungsverhältnissen trocken mit einander vermengt und es wurden die Unterlagen so stark geröstet, daß sie der Rothkohle nahe waren und sich in Wasser nicht mehr ausdehnten, noch schwerer wurden; dann wurden die Dielen auf der untern Seite glatt gehobelt und zweimal mit 5 Theilen Harzöl, worin 4 Theile Steinkohlenpech geschmolzen, überzogen. Das Verfahren beim Dörren der Unterlagen in gewöhnlichen halbrunden Gasretorten ist sehr einfach. Man füllt die Retorten, indem man zwei oder drei Stücke nebeneinander legt, schließt die Retorte und feuert so lange, bis der aus dem Gasrohre entweichende Dampf brenzlich riecht, hierauf unterbricht man das Feuer, macht die Retorte schnell auf und wendet die Hölzer um. In der Regel dauert es zwei Stunden für jede Fläche, alle vier Seiten können sonach in acht Stunden beschickt sein; die letzten Seiten fangen dagegen schon in $^3/_4$ Stunden an roth zu werden. Zweckmäßig ist es, die gedörrten Hölzer, so lange sie noch heiß sind, mit der angegebenen Mischung von Pech und Harzöl anzustreichen. Auf diese Weise imprägnirtes Holz soll sich unter einem Fußboden, welcher

durch und durch vom Schwamme ergriffen war, nachdem man es durch eine Oeffnung einbrachte und wieder verschloß, eine Reihe von Jahren gehalten haben.

Vergleichen wir diese angeführten Methoden, so haben beide das miteinander gemein, daß das Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit in den Mauern durch einen undurchdringlichen Ueberguß von Harz, Theer und Sand verhindert werden soll; in der Zubereitung des Bodens aber, auf welchem die Unterlagen für die Bedielung des Bodens ruhen, weichen sie wesentlich ab, indem bei der ersten Methode die zu bedielenden Räume eine Ausfüllung durch eine Mörtelschicht erhalten, welche Steinhärte erlangt, während bei der zweiten Methode die Ausfüllung aus trocken mit einander vermengten Stoffen besteht. Nach unserem Dafürhalten ist die Herstellung des Fußbodens nach der ersten Methode die zweckentsprechendste. Ein solcher Fußboden wird aber nur alsdann trocken bleiben, wenn dazu hydraulischer Kalk verwendet worden ist, indem der gemeine fette Kalk niemals einen Mörtel liefert, welcher dem Eindringen der Feuchtigkeit auf die Dauer widersteht. Wird zur Herstellung eines gegen das Aufdringen der Grundfeuchtigkeit sichernden Fußbodens ein Mörtel aus Steinkohlenasche, Sand und zu Staub gelöschtem hydraulischen Kalk unter Zusatz von möglichst wenig Wasser bereitet, so erhärtet die Mörtelschicht schon nach wenigen Tagen, und es würde nachtheilig sein, wollte man die Oberfläche mit Backsteinen belegen und dadurch ein schnelles Trocknen bewirken. Ein schnelles Trocknen wird sicherer und ohne Nachtheil für das Erhärten des Mörtels bewirkt, wenn man dem Mörtel erst alsdann, wenn er vollständig durchgearbeitet ist, zerstoßene Ziegelstücke zusetzt. Was nun die Zubereitung der Unterlagehölzer betrifft, so verspricht das bei der zweiten Methode eingehaltene Verfahren nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen einen sicherern Erfolg bezüglich der Sicherung der Hölzer gegen Fäulniß, als das bei der ersten Methode eingehaltene Verfahren; weil bei dem Dörren der Hölzer bis zu dem Grade, daß sie der Rothkohle nahe kommen, die glutinose Masse, welche sich beim Trocknen des Holzes an die Wände der Saftgefäße anlegt, vollkommen verkohlt wird und dadurch die Fähigkeit verliert, in Fäulniß überzugehen; während bei dem Imprägniren mit Chlorzink — welches auf der Voraussetzung beruht, daß dies Metallsalz sich in dem ganzen Holzkörper an die Wände der Saftgefäße ablagere und an diesen zusammenhängende Schichten bilde, durch welche die zur Fäulniß geneigte glutinose Masse abgeschlossen werde gegen die von außen kommenden, Fäulniß erzeugenden Einwirkungen — mit Sicherheit darauf nicht gerechnet werden kann, daß erstens die Metallsalzlösung in alle Saftgefäße des Holzkörpers gelange, und zweitens die Ablagerung des Metallsalzes an den Wänden der Saftgefäße auch wirklich zusammenhängende Schichten bilde.

Das Imprägniren der Bauhölzer hat bei dem Bau der Eisenbahnen, hauptsächlich zur Verlängerung der Dauer der Bahnschwellen, eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden, und es stimmen alle darüber gemachten Erfahrungen darin überein, daß erstens dadurch die Dauer der Hölzer nur auf eine kurze Reihe von Jahren vermehrt werden kann, und daß zweitens die Resultate um so günstiger ausfallen, im Verhältniß zur natürlichen Dauer der imprägnirten Hölzer, je lockerer dieselben sind. Kann die Verlängerung der Dauer bei Bahnschwellen, welche leicht herausgenommen und durch andere ersetzt werden können, beim Eisenbahnbaue von pecuniärem Vortheil sein, wenn die natürliche Dauer der Hölzer durch das Imprägniren mit Chlorzink, Eisenvitriol, Kupfervitriol u. s. w. nur um einige Jahre vermehrt wird; so müssen wir dagegen unser Bedenken aussprechen, daß das Imprägniren als Schutzmittel gegen Fäulniß Anwendung finde auf Bauhölzer, welche wesentliche Bestandtheile des inneren Ausbaues der Gebäude bilden und in ihrem Zusammenhange mit anderen um deswillen eine möglichst lange Dauer haben müssen, weil das Herausnehmen und Ersetzen derselben immer, wie mit erheblichen Störungen und Beschädigungen, so auch mit bedeutendem Kostenaufwande verbunden ist.

Selbst in Räumen, wo der Hausschwamm entstanden war, soll er dadurch vertrieben worden sein, daß man nach Beseitigung der davon ergriffenen Hölzer und des alten Bauschuttes neue Lagerhölzer auf ein Bette von hydraulischem Kalkpulver einlegte und ebenso die Ausfüllung zwischen den Lagerhölzern mit hydraulischem Kalkpulver gegen 1 Zoll dick einsiebte und darauf erst den Fußboden mit neuen Brettern legte. Der auf diese Art behandelte Fußboden soll nach zehn Jahren noch vollkommen gut erhalten und keine Spur von Feuchtigkeit und dem vorher in diesen Räumen vorhanden gewesenen Modergeruche zu bemerken sein. Es soll die Wirkung des hydraulischen Kalkes auf dessen Eigenschaft beruhen, daß er, selbst schon erhärtet, immer noch Wasser anzieht und absorbirt. — Holz mit zu Milch verdünntem hydraulischen Kalke mehrmals überstrichen, soll in feuchter Lage dadurch ganz ausgetrocknet werden, daß der Kalk des Ueberzugs fortwährend die Feuchtigkeit aus dem Holze anzieht und nach außen hin absorbirt.

Ist der Schwamm an Hölzern entstanden, welche entweder im Baugrunde liegen oder doch vom Baugrunde oder von Fundamentmauern feucht erhalten werden, so muß an der vom Schwamm ergriffenen Stelle das Fundament ganz vom Füllgrunde befreit, es müssen die Fugen des Mauerwerks ausgespitzt und von allem alten Mörtel gereinigt und sodann mit Cement ausgefugt und beworfen werden. Alles Holzwerk, welches nur die geringsten Spuren des Schwammes an sich trägt, muß herausgenommen und durch neues, festes und gesundes Holz, am besten Eichenholz, welches, wie bereits erwähnt, zum

Hausschwamm nicht geneigt ist, ersetzt werden. Der herausgenommene Baugrund wird am besten durch die angegebene Mischung oder durch Lehm allein ersetzt, der nicht vorher erweicht, sondern nur grubenfeucht eingebracht und fest eingestampft wird. Auf den gestampften Lehm wird dann eine etwa 1 bis $1^1/_2$ Zoll dicke Lage von Holzkohlenstaub oder Torfasche gesiebt, und es wird ebenso das Holzwerk mit Holzkohlenstaub bestreut. An sehr feuchten Stellen ist es sehr zweckmäßig, alle in dem Baugrund oder an feuchten Mauern zu verwendenden Hölzer mit Holz= oder Steinkohlentheer anzustreichen.

An Fußböden und deren Lager, die nicht unmittelbar auf dem Füllgrund liegen, sondern durch einen hohlen Raum von demselben getrennt sind, erzeugt sich der Schwamm oft noch früher, als wenn diese Hölzer unmittelbar auf dem Baugrunde lagen; wenn nämlich die, zwischen dem Holzwerke und dem Baugrunde befindliche, Luftschicht von der äußeren Luft abgeschlossen und ruhend ist. Es müssen solche hohle Räume mit Luftzügen der Art versehen werden, daß ein lebhafter Luftzug in den hohlen Räumen zwischen Fußboden und Baugrund hervorgebracht und unterhalten wird. Ist es nicht möglich, durch die Luftöffnungen in den Umfangsmauern allein einen Gegenzug hervorzubringen; so kann eine Lufterneuerung in den hohlen Räumen dadurch bewirkt werden, daß man von ihnen aus Kanäle mit Feuerungsanlagen in Verbindung setzt und diese Kanäle mit dem damit verbundenen Schornstein in gleicher Höhe aufführt. Die in den Kanälen enthaltene und von der Feuerungsanlage aus erwärmte Luft strömt mit vermehrter Geschwindigkeit oben aus und muß durch nachströmende Luft aus den hohlen Räumen ersetzt werden. In demselben Verhältnisse nun, als durch die Kanäle die in den hohlen Räumen enthaltene Luft entweicht, strömt durch die ohnehin unentbehrlichen Luftöffnungen in den Umfangsmauern die äußere Luft ein; so daß nicht blos eine Circulation, sondern auch eine Erneuerung der Luft in den hohlen Räumen stattfindet.

Was hier zur Vermeidung des Hausschwammes an Fußböden und Gebälken, welche nicht unmittelbar auf dem Baugrunde liegen, sondern durch einen hohlen Raum von dem Baugrunde getrennt sind, angeführt worden, gilt auch bei Stockwerksgebälken, welche über Gewölben und von den Gewölben durch einen hohlen Raum getrennt angelegt werden. Es muß die in den hohlen Räumen enthaltene Luft bewegt und durch geeignete Circulation abgeführt und erneuert werden.

Wenn der zerstörende Hausschwamm am häufigsten im Innern der Gebäude vorkommt, so tritt er doch auch bei Brücken und Wasserbauwerken auf, wo Hölzer durch Umschließung von Mauern, durch Bildung geschlossener Fugen an den Verbindungsstellen der Hölzer unter sich, wohl gar durch ungeeignete Vorkehrungen gegen eindringende Nässe, dem Lichte und dem Luftzuge entzogen werden; dabei aber gegen eindringende Nässe nicht vollkommen gesichert werden können.

Das sicherste Schutzmittel aller über Erde verwendeten Hölzer gegen den Hausschwamm ist zugleich das sicherste und einfachste Erhaltungsmittel der Hölzer, und besteht darin: dem Holze möglichst ungehinderten Zutritt von Licht und Luftzug zu sichern und, statt aller künstlichen Vorkehrungen gegen das Eindringen der Nässe, derselben, welche nun einmal in sehr vielen Fällen mit allen Mitteln der Kunst nicht verhindert werden kann, auf dem kürzesten Wege Abzug zu verschaffen und das schnelle Trocknen der Hölzer durch Luftzug zu befördern.

Wenn wir in dem nächsten Abschnitte das Conserviren der Bauhölzer zum Gegenstande unsrer Betrachtung nehmen, so geschieht das mit Rücksicht auf den Gesammtinhalt dieses vorzugsweise den Zimmer-Constructionen beim Ingenieurbauwesen zugewendeten Theiles der Schule des Zimmermanns. Wir werden die zur Zeit in Anwendung kommenden Mittel zur Erhaltung der Festigkeit der Hölzer einfach zur Kenntniß bringen, ohne sie zur Anwendung in allen Fällen, wo Bauhölzer äußeren Einwirkungen ausgesetzt sind, welche die Entstehung und Beförderung der Fäulniß veranlassen, zu empfehlen.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Conserviren des Bauholzes.

Die in dem Holze vorhandenen Saftbestandtheile sind die hauptsächlichste Veranlassung der Zerstörung durch Fäulniß. Die Holzfaser an und für sich ist der Gährung nicht förderlich; es wird der Gährungsproceß meist erst dadurch eingeleitet, daß noch andere Stoffe hinzutreten, die gewöhnlich in dem Pflanzensafte enthalten sind. Hat das organische Leben des Baumes aufgehört, so sind die Bedingungen der in dem Holze entstehenden Fäulniß die allgemeinen, und zwar: 1) eine Temperatur über 0 Grad, — 2) Vorhandensein von Wasser — und 3) Zutritt der atmosphärischen Luft. — Es kann demnach dem Entstehen der Fäulniß des Holzes nicht anders vorgebeugt werden, als daß man diese genannten Erfordernisse zugleich, oder doch eines derselben gründlich beseitigt.

Die Mittel zur Erhaltung der Festigkeit und Dauer des Bauholzes, worunter man das Conserviren des Bauholzes versteht, wären hiernach:

1. Beseitigung des eignen Wassergehaltes des Holzes und Sicherung gegen Feuchtigkeit, die von außen eindringt;
2. vollkommene Abhaltung der atmosphärischen Luft;

3. Entfernung der zur Fäulniß geneigten Saftbestandtheile, oder Schutz dieser Theile gegen die schädlichen, die Fäulniß bedingenden Einflüsse.

Das erste der genannten Mittel besteht entweder im Austrocknen des Holzes auf natürlichem Wege, oder im Verdampfen des im Safte des Holzes befindlichen Wassers durch künstliche Wärme, oder im Entziehen des Wassers durch Luftverdünnung.

Die Abhaltung der atmosphärischen Luft wird entweder zu erreichen gesucht durch Anstriche und Ueberzüge, welche zugleich das Eindringen der Feuchtigkeit verhindern, oder dadurch, daß das Holz ganz unter Wasser gesetzt wird.

Das dritte Mittel, das durch die Erfahrung bewährteste, wird sehr verschieden in Anwendung gebracht, und zwar nach zwei Richtungen: daß man entweder die Saftbestandtheile durch Auflösung aus dem Holze ganz entfernt, durch Auslaugen; oder daß man die Saftbestandtheile mit anderen Stoffen verbindet oder überzieht, welche sie der Fäulniß völlig entziehen, durch Imprägniren.

Das Austrocknen auf natürlichem Wege geht langsam von statten, und es wird dadurch der Wassergehalt des Holzes nie ganz beseitigt. Damit beim Austrocknen an der Luft alle Oberflächen des zu trocknenden Holzes gleichmäßig der Luft zugänglich sind, muß das Holz auf Unterlagen liegen, und es ist immer zweckmäßig, zumal bei anhaltend feuchter Witterung, das Holz von Zeit zu Zeit umzusetzen. Soll das Holz beim Trocknen nicht reißen, so muß es in bedeckten Schuppen gelagert werden, wo es gegen Nässe und die Wirkung der Sonnenstrahlen geschützt, dabei aber einem nicht zu scharfen Luftzug ausgesetzt ist, damit die sich durch Verdunsten der Pflanzensäfte bildende feuchte Luft sich sofort durch trockne ersetzen kann.

Da das Austrocknen des Holzes durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft, namentlich bei festen Holzarten, viel Zeit erfordert; so hat man — sowohl zur Beschleunigung als auch zur Vermeidung des bei zu langsamem Austrocknen des Holzes eintretenden Verstockens und Schimmelns desselben — mit gutem Erfolge das Austrocknen durch künstliche Mittel versucht und dabei durch schnelles Austreiben der in dem Holze enthaltenen Feuchtigkeit, welche auf diesem Wege aus allen Theilen gleichzeitig entfernt werden kann, die Veranlassung zum Entstehen der durch allmähliches Austrocknen von außen nach innen bewirkt werdenden Risse vermieden.

Man hat bis jetzt das künstliche Austrocknen der Hölzer entweder in erwärmten Räumen oder durch die Anwendung von überhitztem Wasserdampf vorgenommen. Es hat sich herausgestellt, daß die zum Trocknen des Holzes erforderliche hohe Temperatur des Wasserdampfes einen schädlichen Einfluß äußert sowohl auf die Farbe, als auch auf die Textur des Holzes; so daß die Anwendung des überhitzten Wasserdampfes wegen ihrer praktischen Schwierigkeiten wenig zur Geltung gekommen ist. Das Trocknen in erwärmten

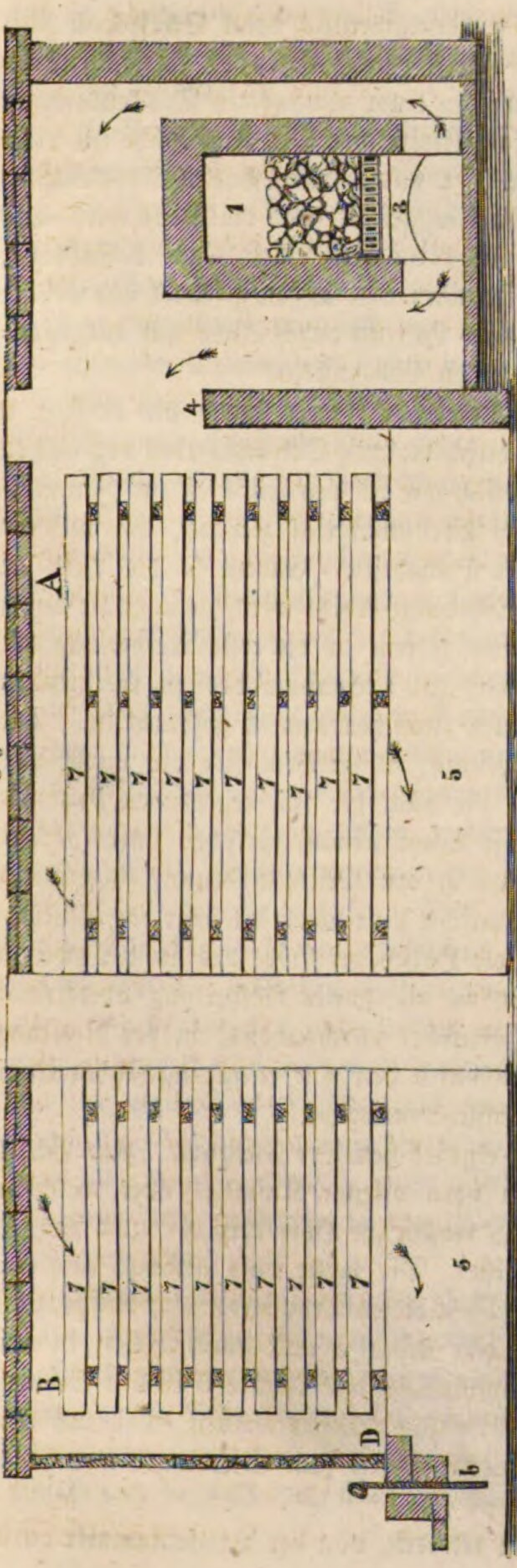


Fig. 1

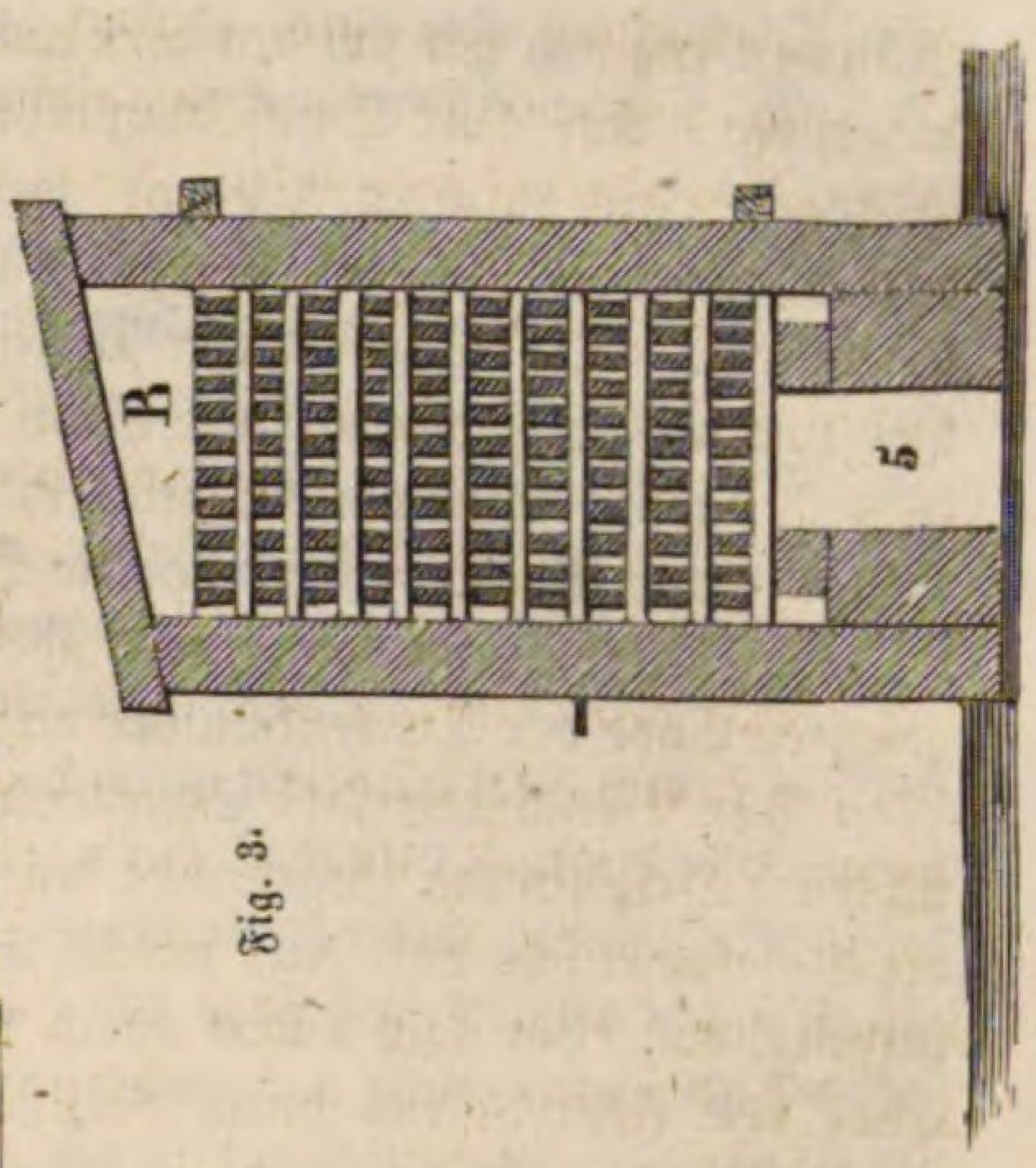


Fig. 3

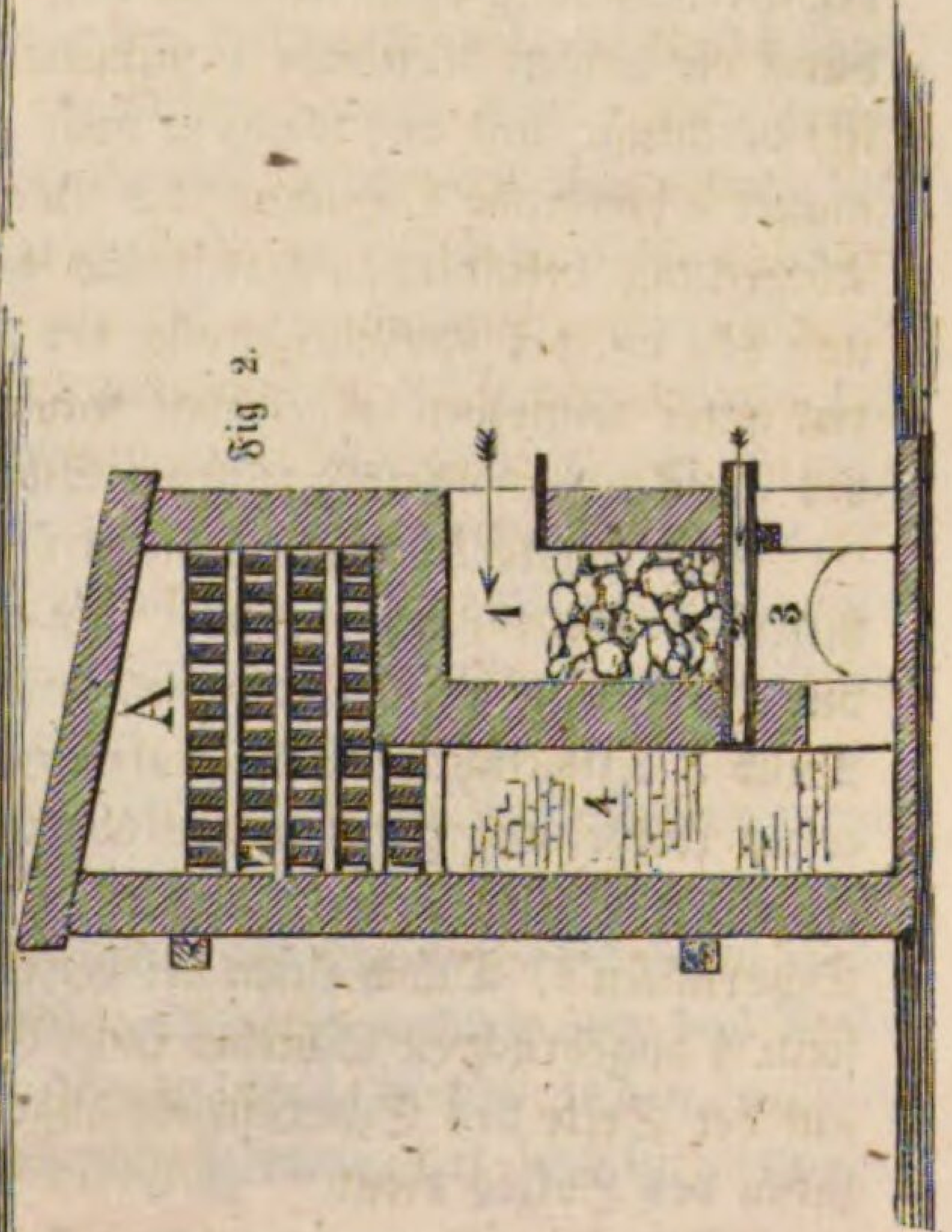


Fig. 2

Räumen dagegen hat sich bewährt und findet namentlich beim Schiffsbau Anwendung. Auf dem Schiffsbauplatze von Robert Napier & Söhne in Glasgow dient dazu ein Apparat, welcher in einer gemauerten Trockenkammer von etwa 60 Fuß Länge, $3^1/_2$ bis 4 Fuß Breite und $7^1/_2$ Fuß Höhe im Lichten besteht. Die Wände dieser in Fig. 1, 2 und 3 dargestellten Trockenkammer sind aus Backsteinen einen Stein stark aufgeführt und die Decke wird aus 5 Zoll starken Steinplatten gebildet. Der an dem einen Ende befindliche, ebenfalls aus Backsteinen gemauerte Ofen wird von außen gefeuert und erhält den zur Unterhaltung des Feuers nöthigen Luftzug durch einen am entgegengesetzten Ende der Trockenkammer angelegten Schornstein.

Das Brennmaterial (Steinkohle oder Coaks) wird durch die in Fig. 2 sichtbare Heizöffnung eingebracht, und durch dieselbe Oeffnung tritt von außen die atmosphärische Luft ein, welche, ähnlich wie bei den Füllöfen zur Zimmerheizung, von oben nach unten durch das Brennmaterial ziehend, am unteren Ende des Feuerkastens durch Roststäbe 2 austritt. Indem so die Luft bei ihrem Durchzuge durch das brennende Material erhitzt wird, gelangt sie durch den Rost 2 in den Aschenfall 3 und aus diesem in die erste Abtheilung der Trockenkammer, welche von der zweiten, zur Aufnahme des zu trocknenden Holzes bestimmten Abtheilung durch einen Zwischenraum 4 getrennt ist. Die genannte erste Abtheilung bildet einen Raum, in welchem sich die durch das Brennmaterial gegangene erhitzte Luft, die auch die sich ergebenden Produkte der Verbrennung aufgenommen hat, mit neuer atmosphärischer Luft (welche durch die hohlen Roststäbe 2 unmittelbar in den Mischungsraum eingeströmt ist) vermengt, und aus welchem diese gemischte Luft durch die über der Scheidemauer 4 bleibende Oeffnung, die etwa die Hälfte der Höhe des in der zweiten Abtheilung befindlichen Holzstoßes hat, in die zweite Abtheilung überströmt und von da, die Zwischenräume des Holzstoßes durchziehend, in der Richtung des unter demselben angelegten Kanals durch den am entgegengesetzten Ende des Trockenraumes aufgeführten Schornstein entweicht.

Die zweite Abtheilung bildet den eigentlichen Trockenraum. Am Boden dieses Trockenraumes befindet sich ein oben offener Kanal 5, über welchem, durch eingelegte Leisten getrennt, das zu trocknende Holz 7 in der aus Fig. 1, 2 und 3 ersichtlichen Weise aufgesetzt ist. Die heiße Luft gelangt aus der ersten Abtheilung zuerst in den oberen Theil dieses Trockenraumes, umspült die einzelnen Balken 7, tritt abwärts in den Kanal 5 und durch diesen in den Schornstein *b*. Durch einen bei der Einmündung des Kanals 5 in den Schornstein *b* angebrachten Schieber kann der Luftzug regulirt werden, während eine auf der Seite des Schornsteins angebrachte Thüre zum Einbringen und Ausladen des Holzes dient.

Bei dieser Feuerungsanlage kann die erste, von der Trockenkammer durch

eine Mauer getrennte Abtheilung zugleich als Funkenfänger betrachtet werden, und es gewährt dieselbe den Vortheil, daß das zu trocknende Holz vor Feuerfunken und der bei manchen Hölzern nachtheiligen Einwirkung des Rauches möglichst geschützt ist.

Nach Versuchen, deren Resultate Napier mitgetheilt hat, war der Gewichtsverlust der getrockneten Hölzer sehr verschieden, und betrug zwischen 10 und 21 Procent. Von dem Pfunde Coaks wurde durchschnittlich in diesem Trockenapparat 3,2 Pfund Wasser verdampft. Es ist anzunehmen, daß eine stärkere Verdampfung erzielt worden wäre, wenn man die Trockenkammer durch stärkere Umfangsmauern und eine geeignetere Bedeckung gegen das Entziehen der erzeugten Wärme von außen mehr geschützt hätte.

Um das in Trockenkammern oder auf eine andere Weise durch künstliche Erwärmung getrocknete Holz gegen Fäulniß zu schützen, muß es auch nach seiner Austrocknung der Einwirkung der Feuchtigkeit, selbst der der atmosphärischen Luft, vollständig entzogen werden. Es muß sowohl vor als nach der Bearbeitung an ganz trocknen Orten aufbewahrt oder sofort nach der Herausnahme aus der Trockenkammer mit einem Anstriche oder einem anderen Ueberzuge versehen werden, welcher das Eindringen der Nässe oder Feuchtigkeit abzuhalten geeignet ist. Oelfarbe mit einem Zusatze von kalt aufgelöstem Wachse, sowie Steinkohlentheer, welchem Colophonium zugesetzt ist, entsprechen diesem Zwecke als Ueberzüge um deßwillen am besten, weil sie, vorausgesetzt daß nicht bei hoher Temperatur durch Verdunsten das Oel entzogen wird, eine zusammenhängende Bedeckung bilden, welche bis zu einem gewissen Grade Antheil nimmt an den Veränderungen in der Form der Hölzer durch Werfen und Biegen, ohne sich loszutrennen. Das zu demselben Zwecke häufig empfohlene Wasserglas kann als ein wirksames Schutzmittel gegen das Eindringen der Feuchtigkeit um deßwillen nicht betrachtet werden, weil dieses flüssige Glas mit so viel Wasser verdünnt sein muß, um es zum Anstrich verwenden zu können, so daß nach erfolgtem Austrocknen die aufgelöste Kieselerde nothwendig eine zusammenhängende Masse bilden muß, in deren Zwischenräumen die entblößte Oberfläche des Holzes der Einwirkung der Nässe keineswegs entzogen ist.

Wie bereits erwähnt, dienen Ueberzüge auf Holz, welche das Eindringen der Nässe vollkommen verhindern, zugleich dazu, die atmosphärische Luft abzuhalten.

Gehen wir nun zu der Betrachtung der Mittel zur Verlängerung der Dauer von Hölzern über, welche die Entfernung der zur Fäulniß geneigten Saftbestandtheile, oder den Schutz dieser leicht zerstörbaren Theile gegen Einflüsse, welche Fäulniß bedingen, zum Zwecke haben; so werden wir das Auslaugen der Hölzer, welches als blos conservirendes Mittel keinen großen Werth und deßhalb auch nicht viel Anwendung gefunden hat, nur kurz erwäh-

nen; dem Tränken des Holzes mit gewissen Auflösungen aber, welches in unserer Zeit der Eisenbahnen mit so vielem Erfolge angewendet wird, werden wir eine, dem Werthe des Gegenstandes angemessene Besprechung zu Theil werden lassen.

Das Auslaugen des Holzes auf dem natürlichen Wege geschieht, indem man das Holz längere Zeit im Wasser liegen läßt, wobei durch die Bewegung des Wassers die löslichen Saftbestandtheile ausgewaschen werden. Bleibt das Holz nur einige Monate im fließenden Wasser liegen, wie dieß bei dem im Winter gefällten und erst im Frühjahr und Sommer verschifften Floßholze der Fall ist; so werden schon dadurch die Saftbestandtheile zum größten Theile entfernt, so daß das Holz um Vieles leichter geworden und in einem gewissen Grade gegen das Werfen und Schwinden geschützt ist. Schnitthölzer, welche im Freien angewendet werden sollen, können, vor der Verwendung in Wasser ausgelaugt, ohne die Gefahr des Werfens und Schwindens viel früher nach dem Fällen verarbeitet werden, als das nur an der Luft ausgetrocknete Holz, und haben dadurch eine größere Dauer als das letztere, daß sie weniger Neigung als das letztere haben, die Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen.

Am vollkommensten wird das Auslaugen des Holzes durch die Anwendung des Wasserdampfes bewirkt. Das Holz wird in einen hölzernen Auslaugekasten so eingebracht, daß es nicht unmittelbar aufeinander liegt, sondern durch Zwischenräume getrennt ist; sodann wird der Kasten luftdicht verschlossen und nun aus einem Niederdruck-Dampfkessel Wasserdampf in den Kasten geleitet. Der das Holz erwärmende Wasserdampf condensirt sich schnell zu Wasser, wird tropfbarflüssig und sammelt sich an dem Boden des Kastens an, wo ein Abflußhahn zum Auslassen desselben angebracht ist. Ist das Holz einmal erwärmt, was in 12 bis 15 Stunden der Fall ist; so läßt man den Dampf, welcher anfangs nur langsam zugelassen wird, etwas lebhafter einströmen. Derselbe durchdringt nun nach und nach die Zwischenräume der Holzfasern, treibt die Saftbestandtheile heraus und löst sie auf oder verflüchtigt sie. Soll die Auslaugung der Saftbestandtheile vollständig durchgeführt werden, so wird der Proceß so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit, welche anfangs wässerig und hell, dann immer trüber und gefärbter und dann ganz dunkel abfließt, wieder nach und nach klar und hell geworden ist. Nach dem Auslaugen wird das Holz sofort aus dem Auslaugekasten gezogen und in einen bedeckten, dabei aber luftigen Trockenraum gebracht. Daß das durch Wasserdampf ausgelaugte und dann gut getrocknete Holz eine größere Festigkeit besitzen soll, als gut ausgetrocknetes ungelaugtes Holz, wird mehrfach behauptet; möchte aber schwer nachzuweisen sein.

Das Auslaugen des Holzes durch Dampf wird für gewisse Arbeiten mit vielem Nutzen in Anwendung gebracht; denn die auf diese Weise ausgelaugten

Hölzer sind nach dem Auslaugen, aber vor dem erfolgten Trocknen, sehr biegsam, dabei aber in einem gewissen Grade unelastisch; so daß sie die Form, in welche sie vor dem Trocknen gebogen und darin fest erhalten werden, auch nach dem Abkühlen und Austrocknen beibehalten. Es wird deßhalb das Auslaugen des Holzes durch Wasserdampf mehr zur Herstellung krummer Hölzer, welche ihre Form unverändert beibehalten sollen, als zur Conservirung angewendet; wo es bei manchen Hölzern sogar um deßwillen nachtheilig sein kann, weil dadurch eine Trennung der ineinander verschlungenen Holzfasern herbeigeführt wird und das Bindemittel derselben verloren geht. Jedenfalls dürfen feste Hölzer, namentlich Eichenholz, nur bis zu einem gewissen, durch Versuche zu ermittelnden Grade erhitzt und ausgelaugt werden. Stark gedämpftes Eichenholz fand sich bei Anwendung von Wasserdampf von wenig mehr als einer Atmosphäre Sannung fast völlig gar gekocht, es nahm in höherem Maße Eindrücke an, so daß sich die Schraubenköpfe von Eisenbolzen ganz in das Holz hineinschrauben ließen, und die Holzfaser war ganz spröde geworden.

Wurde das Auslaugen nicht bis zum äußersten Grade getrieben, so traten diese nachtheiligen Veränderungen des Eichenholzes nicht ein.

Für die Conservirung des Holzes können wir auf das Auslaugen desselben keinen großen Werth legen; wohl aber erkennen wir das Tränken (Imprägniren) des Holzes mit gewissen Auflösungen — welche geeignet sind, die Saftbestandtheile ohne Nachtheil für die Holzfasern zu zerstören, sie auszutreiben und an ihre Stelle andere Körper zu setzen, welche die Fäulniß verhindern, oder die Saftbestandtheile umschließen und die Poren verstopfen, um den Zutritt des Wassers und der Luft, welche die Fäulniß mit bewirken, abzuhalten — als das bewährteste Mittel an für die Conservirung des Holzes.

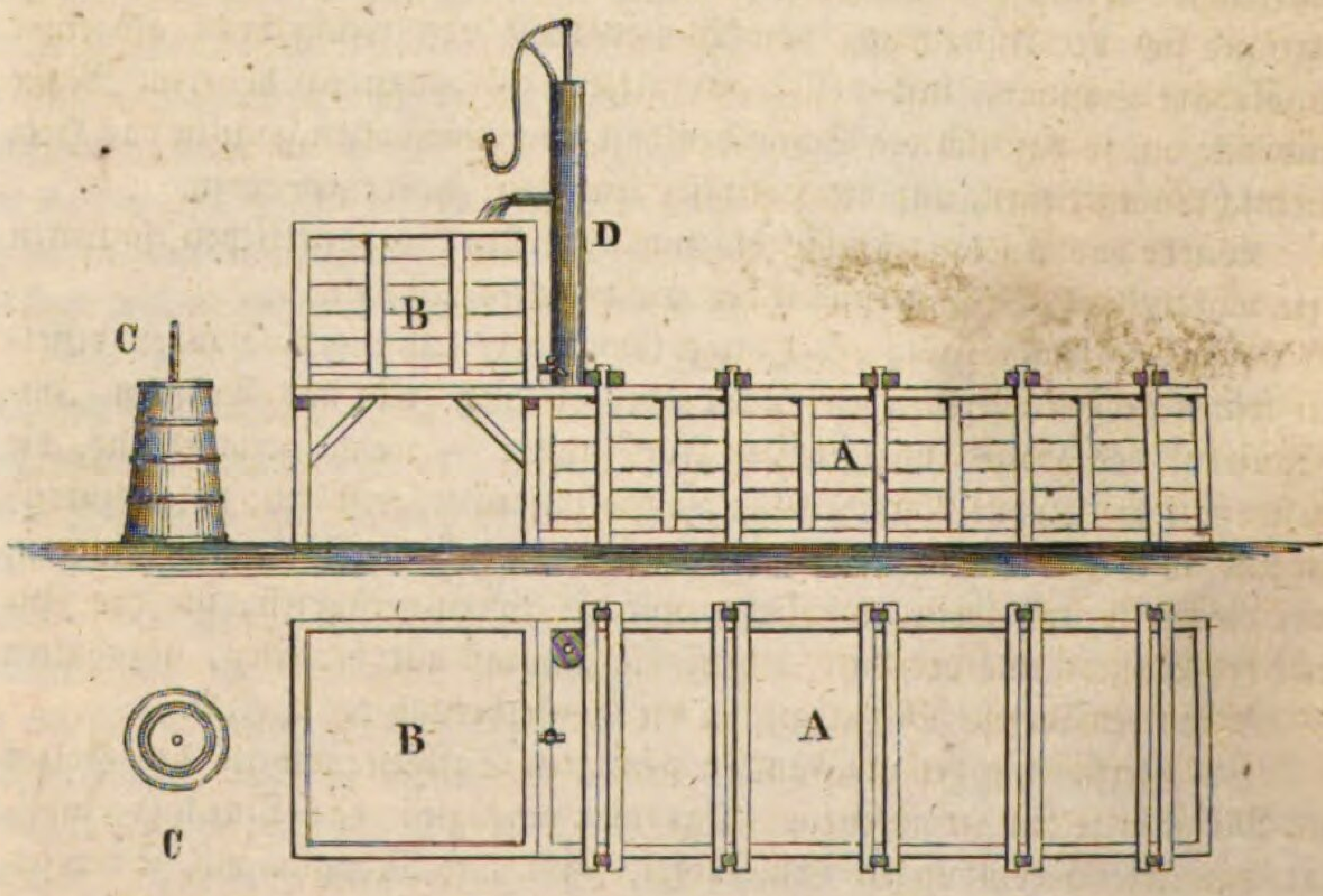
Zur Zerstörung der zur Fäulniß geneigten Saftbestandtheile des Holzes sind Metallsalze am geeignetsten. Darunter vorzüglich das Quecksilbersublimat, dann die Verbindungen von Kupfer, Zink und Mangan mit Schwefel- oder Salzsäure; da sie alle im Wasser löslich sind und auf die der Natur des Holzes entsprechendeste Weise als Laugen in das Innere desselben eingeführt werden können.

Das von Kyan angegebene Verfahren, welches man nur unter dem Kyanisiren des Holzes versteht, besteht darin, daß ätzendes Quecksilbersublimat — eine Verbindung von Quecksilber und Chlor — in dem 150fachen Gewichte Wassers aufgelöst und durch hydrostatischen Druck in das Holz gebracht wird, wobei ein Cubikfuß Holz von $2^1/_4$ bis nahe zu 15 Pfund der Lösung absorbirt, worin $^1/_2$ bis $3^1/_4$ Loth Sublimat enthalten ist.

Der zum Kyanisiren der Hölzer erforderliche Apparat, von welchem wir in Fig. 4 die Längenansicht und in Fig. 5 den Grundriß geben, besteht aus dem Einlaugetrog *A*, dem Mischungstrog *B*, einem Fasse *C* zur Bereitung der

Lauge und einer gewöhnlichen hölzernen Pumpe *D*. Der Einlaugetrog *A* muß vollkommen wasserdicht und dabei so construirt sein, daß die Lauge mit den angewendeten Eisentheilen nicht in Berührung kommen kann, indem sonst eine Zersetzung des Sublimats stattfände. Die Größe des Einlaugetroges richtet sich nach der Länge, Stärke und Anzahl der darin aufzunehmenden Hölzer. Zum Kyanisiren von Eisenbahnschwellen würde ein Einlaugetrog von 30 Fuß Länge, 4 Fuß Höhe und 4 bis 5 Fuß Breite genügen. Der Mischungstrog *B* wird ganz so construirt wie der Einlaugetrog und mit seinem Boden über den oberen Rand des letzteren so gestellt, daß die Lauge durch nächst dem Boden angebrachte Hahnen aus demselben in den Einlaugetrog, und ver-

Fig. 4 und 5.



mittelst der Pumpe *D* aus dem letzteren in den ersteren zurückgebracht werden kann. Das Zubereitungsfaß *C* ist ein starkes mit eisernen Reifen gebundenes Faß, welches aber mit einem gut schließenden Deckel versehen ist, in dessen Mitte sich eine runde Oeffnung befindet, durch welche der Stiel eines Stößers geht. Außer dem Stößer dienen zum Umrühren noch einige Spateln von hartem Holze. Die Pumpe *D* ist eine gewöhnliche Saugpumpe, deren Bestandtheile, als: Kolben, Ventil und Stange, durchaus kein Eisen enthalten dürfen.

Bei dem Einlaugen müssen die Hölzer so eingelegt werden, daß sie weder den Trog noch sich selbst berühren, und der Trog muß während der Laugezeit sorgfältig bedeckt bleiben.

Bei der Zubereitung der Lauge wird die krystallinisch feste Masse des Sublimats in dem Fasse mit dem Stößer möglichst fein zu Pulver zerstoßen, und gießt man, um das schädliche Stäuben zu verhüten, nach und nach kleine Quantitäten Wasser zu. Dem Pulver wird nun unter beständigem Umrühren siedendes Wasser zugesetzt; sodann wird die Lösung durch einen mit Leinenzwillich ausgeschlagenen Korb in den Mischungstrog übergegossen und unter tüchtigem Umrühren wieder so lange Wasser zugesetzt, bis der Gehaltsmesser den vorgeschriebenen Grad der Verdünnung zeigt. Der Gehaltsmesser besteht aus einer eingetheilten Glasröhre, und ist in der Eintheilung auf das Verhalten des Jodkaliums zum Doppelchlorquecksilber gegründet.

Zur ersten Lauge ist immer der Bedarf von Sublimat größer wie zu den darauf folgenden, weil zu diesen die erste wieder verwendet werden kann. Nehmen wir an, es sei der Bedarf zur ersten Lauge 112 Pfd. Sublimat gewesen; so würde er, nach darüber vorliegenden Erfahrungen, für die folgenden Laugen nur etwa 40 Pfd. betragen. Die Güte des Sublimats wird vor dessen Verwendung durch eine sehr einfache Prüfung erkannt, indem man eine kleine Quantität dieses Materials auf einem Eisenblech einem gelinden Feuer aussetzt, wodurch es völlig verschwinden muß.

Bei der ganzen Operation des Kyanisirens muß von den dabei beschäftigten Arbeitern die größte Vorsicht beobachtet werden, da das Quecksilbersublimat ein sehr heftiges Gift ist, welches der Gesundheit allein schon durch das Einathmen des Geruches der Auflösung schädlich ist.

Die große Gefährlichkeit des Sublimats als eines der heftigsten Gifte, die Kostspieligkeit desselben und die Kenntniß anderer Methoden zur Conservirung des Holzes, welche billiger und eben so zuverlässig sind, haben veranlaßt, daß in der neuesten Zeit das Kyanisiren beinahe gar nicht mehr angewendet wird.

Von Bethell ist ein Verfahren zur Conservirung des Holzes angegeben und bereits in Deutschland mit dem besten Erfolge angewendet worden, welches in der Anwendung eines durch Destillation des Steinkohlentheers gewonnenen Materials besteht.*) Dies Material besteht aus mehreren bituminösen Oelen in Verbindung mit einem Theil Creosot, welcher letztere bekanntlich die am kräftigsten der Fäulniß widerstehenden Eigenschaften besitzt.

Die Wirkung dieses Materials, wenn es in ein Stück Holz hineingebracht wird, läßt sich folgendermaßen beschreiben: Das Creosot coagulirt den vegetabilischen Eiweißstoff und verhindert dadurch dessen Fäulniß und Zersetzung, und die bituminösen Oele durchdringen das Ganze der Haarröhrchen, umgeben so die Holzfaser mit einer Decke und verschließen die Poren, so daß sowohl Luft als Wasser völlig ausgeschlossen wird. Da nun die bituminösen Oele im Wasser

*) Zeitschrift für Bauwesen, redigirt von Erbkam.

nicht auflösbar sind und von der Luft nicht berührt werden, so ist dies Verfahren unter allen Umständen anwendbar. In der That wird dieses Oel so wenig durch die Luft afficirt, daß man schmiedeeiserne, mit diesem Material angestrichene Röhren, die einen Fuß unter der Oberfläche in leichten Grund gelegt waren, als sie 20 Jahre später wieder aufgenommen wurden, an äußerem Ansehen und Geruch so frisch fand, als ob sie eben erst gelegt gewesen wären.

Durch den Gebrauch dieser bituminösen Oele erlangt das schlechteste Holz, das sonst am vergänglichsten ist, die größte Dauer. Da dasselbe nämlich sehr porös, oder saftreich, oder zu jung, oder zur unrechten Jahreszeit gefällt ist, so nimmt es eine größere Menge der präservirenden Substanz in sich auf, als die harten, dichten Holzarten; in der That wird das weiche Holz durch dieses Verfahren gehärtet. Der Ingenieur wird also dadurch in den Stand gesetzt, wohlfeileres Holz mit größerem Nutzen anzuwenden, als wenn er ein theueres Holz uncreosotirt gebrauchte.

Dieses Verfahren zur Präservirung des Holzes ist seit mehreren Jahren bei verschiedenen Eisenbahnen und anderen Bauwerken im Gebrauche. Eine ungefähr 17 Miles lange Strecke der London-North-Western-Eisenbahn ist vor 9 bis 11 Jahren auf creosotirte Schwellen gelegt, und der Ingenieur berichtet, daß während dieser Zeit kein einziger Fall vorgekommen ist, in welchem Verderbniß darin entdeckt worden wäre, und daß sie noch fortwährend eben so gesund sind, als bei ihrer ersten Hinlegung. Auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn sind vor etwa 10 Jahren creosotirte Schwellen gelegt, und diese werden fortdauernd ohne Anzeichen von Verderbniß befunden.

Bei der Lancashire-Yorkshire-Eisenbahn ist creosotirtes Holz seit 5 Jahren zu Ständern, Holzpflasterungen u. dgl. gebraucht worden. Man fand, daß der obere Theil sehr hart geworden, und daß der unter dem Grunde befindliche noch eben so frisch aussah als bei der Herausnahme aus dem Creosotbehälter, obgleich das Holz von ziemlich geringer, saftiger Qualität gewesen war.

Bei einem vor 12 Jahren von Herrn Price begonnenen Versuche zur Vergleichung der Dauerhaftigkeit verschiedener Hölzer, welche ein Melonenbeet bedeckten und dem beständigen Zusammenwirken zersetzender Stoffe und der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, ergab sich Folgendes:

Das unpräparirte Holz zeigte Spuren von Verderbniß in einem Jahre und mußte nach wenig Jahren erneuert werden; das kyanisirte Holz (Quecksilberchlorid) hielt sich 7 Jahre lang gut, und verging dann, zwar langsam, aber nach und nach vollständig; das creosotirte Holz dagegen ist noch jetzt eben so gesund, als bei seiner Hinlegung vor 12 Jahren.

Aus diesen Thatsachen läßt sich schließen, daß das auf die angegebene Weise präparirte Holz eine fast unbegrenzte Dauer erlangt, da es unter Umständen, welche unpräparirtes Holz in 2 Jahren in Staub verwandelten,

12 Jahre lang ganz unverändert blieb. Die Creosotirung schützt das Holz auch gegen den Angriff des Bohrwurms (Teredo) beim Gebrauche zum Schiffbau, Hafenbau und dergleichen vom Seewasser bespülten Anlagen. Einen vollgültigen Beweis hierfür gibt der Hafen von Lowestoft, wo das Verfahren in großer Ausdehnung während 4 Jahren geprüft ist. Der Hafenbeamte berichtet, daß niemals irgend ein Fall vorgekommen sei, in welchem ein nicht creosotirter Pfahl unversehrt geblieben, sie werden alle von der Limnoria und dem Teredo stark angegriffen, und in manchen Fällen sind die Pfähle ganz durch und durch zerfressen; dagegen ist kein einziger Fall eingetreten, in welchem ein creosotirter Pfahl beschädigt worden wäre, weder von der Limnoria, noch vom Teredo. Alle creosotirten Pfähle sind völlig gesund, obgleich sie mit Vegetation bedeckt sind, welche im Allgemeinen den Bohrwurm anlockt.

Diese merkwürdige Thatsache erklärt sich daraus, daß Creosot im Innern des Holzes unberührt bleibt, möge dieses nun trocken oder naß sein, und da dasselbe alles animalische Leben zerstört, so schützt es gegen den Wurmfraß. Bei anderen Verfahrungsweisen dagegen werden die metallischen Salze größtentheils ausgewaschen oder derjenige Theil derselben, welcher mit dem Albumin gerinnt, wird durch diesen Proceß unschädlich für das thierische Leben. Die vorgelegten Proben zeigen, daß in zwei Jahren das unpräparirte Holz durch den Wurmfraß förmlich wie Honigscheiben durchlöchert ward, wogegen das creosotirte Holz nach Verlauf von 4 Jahren ganz unberührt geblieben.

Es gibt zweierlei von Herrn Bethell angewendete Verfahrungsweisen, um Holz mit Creosot zu imprägniren.

Bei dem einen Verfahren wird das Holz in einen starken eisernen Cylinder gelegt, alsdann wird mittels einer Luftpumpe so viel Luft aus dem Innern des Cylinders herausgepumpt, daß der luftverdünnte Raum einem Luftdrucke von 12 Pfd. auf den Quadratzoll entspricht (exhausting the air until a vacuum is created, equal to about 12 pounds on the square-inch); hierauf läßt man das Creosot in den Cylinder hineinfließen und setzt es mittels einer Druckpumpe einem Drucke von 150 Pfd. auf den Quadratzoll aus. Alsdann wird das Holz herausgenommen und ist zum Gebrauche fertig.

Bei dem anderen Verfahren wird das Holz in ein Trockenhaus gebracht, durch welches man den Rauch (the products of combustion) durchziehen läßt; dadurch wird nicht nur die Austrocknung des Holzes bewirkt, sondern dasselbe wird auch zugleich mit den flüchtigen, öligen Stoffen und dem Creosot imprägnirt, welche in der zur Heizung des Hauses verwendeten Feuerung beim Verbrennen sich entwickeln.

Wenn das Holz aus diesem Hause herausgenommen wird, taucht man es sofort in heißes Creosot ein, das sich in einem offenen Behälter befindet, und vermeidet auf diese Weise die Anwendung der Dampfmaschine und Pumpen.

Herr Clift legte Proben von creosotirten Eisenbahnschwellen vor, welche auf der London- und North-Western-Eisenbahn während 10 Jahren im Gebrauch gewesen und noch völlig gesund und unverändert waren; desgleichen Proben creosotirter Pfähle vom Lowestoft-Hafen, welche 4 Jahre im Seewasser gestanden hatten und völlig frisch und gesund, auch ganz unberührt vom Bohrwurm geblieben waren; daneben Proben ähnlicher, aber nicht creosotirter Pfähle, welche während desselben Zeitraums vom Wurm völlig zerfressen und wie Honigscheiben durchlöchert waren.

Man hatte zu Lowestoft ein creosotirtes Stück Holz gefunden, welches wegen eines Zapfenloches halb durch gearbeitet worden war, ohne daß man nachher dies Loch wieder ausgefüllt hatte. In dieses Stück war der Bohrwurm ein klein wenig eingedrungen, hatte sich erst zur Rechten, dann zur Linken gewendet und hierauf, ohne weiter einzudringen, das Holz verlassen.

Herr Bethell bemerkte, daß er nach seiner Erfahrung gefunden habe, daß grünes oder sehr nasses Holz sich nicht gut creosotiren lasse; kein Druck würde im Stande sein, das Creosot in solches Holz hineinzudrängen wegen der in den Poren befindlichen Feuchtigkeit, und aus diesem Grunde sei es für nothwendig erkannt, das Holz zuvor zu trocknen. Dabei habe er gefunden, daß nach 14tägigem Trocknen in der alten Weise das Holz nur 3 Pfund pro Cubikfuß an Gewicht verlor. Hierauf führte er sein jetziges, patentirtes Trockenhaus ein, in welchem Eisenbahnschwellen von schottischem Föhrenholz in 12 bis 14 Stunden 8 Pfund pro Cubikfuß leichter werden und dann ein gleiches Gewicht Creosot aufnehmen.

In alles Memel Timber (Kiefernholz aus den Ostseehäfen), welches jetzt im Hafen zu Leith gebraucht werde, presse man $11^1/_2$ Pfund Creosot pro Cubikfuß, und zwar unter unter einem Drucke von 180 Pfund pro Quadratzoll.

Jedes Stück Holz werde gewogen, ehe es in den Creosotbehälter komme und wenn es wieder herausgenommen werde, und müsse dann um 10 Pfund pro Cubikfuß schwerer geworden sein; das verbrauchte Quantum der Flüssigkeit sei stets etwas größer, weil das Holz durch den Verlust der mittels der Luftpumpe herausgezogenen Feuchtigkeit noch etwas an Gewicht verliere. Lange Hölzer erforderten nach Verhältniß ihrer Länge einen größeren Zeitraum zur Sättigung; es scheint, daß das Creosot zuerst an den Enden eindringe und dann der Länge nach in die Poren hineingedrängt werde. Man erkennt das Fortschreiten des Processes an der Größe der in den Behälter eintretenden Creosotmenge unter Berücksichtigung der Anzahl der Cubikfuße Holz, welche sich in dem Behälter befinden.

Unter die Flüssigkeiten, welche man zur Tränkung des Holzes bis jetzt in Anwendung gebracht hat, um die stickstoffhaltigen Substanzen theils

austzutreiben, theils auch um die Poren des Holzes mit fäulnißwidrigen Stoffen anzufüllen, gehören:

Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul), in Wasser gelöst;
Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) in Wasser gelöst;
Zinkchlorid (salzsaures Zinkoxyd) in Wasser gelöst;
Kochsalzauflösung,
Mutterlauge des Salzes.

Welche von den genannten Tränkungsflüssigkeiten den Vorzug verdienen, hängt von der Natur und Beschaffenheit des Holzes und wohl auch von der Art der Verwendung ab, und es möchte sich dies, nach dem Stande der vorliegenden Erfahrungen und Thatsachen, bis jetzt nicht unbedingt feststellen lassen.

Für die Tränkung von Eisenbahnschwellen zieht man bald Kupfervitriol-Lösung, bald Zinkchlorid-Lösung vor.

Die Anwendung des Zinkchlorids zum Tränken des Holzes soll vor allen andern Metallsalzen den Vorzug der Billigkeit haben, indem es die Farbe des Kiefern- und ebenso jedes andern Nadelholzes nicht verändert, einen Oelfarbeanstrich auf dem Holze haften läßt, auch das Leimen des Holzes nicht erschwert.

Kupfervitriol-Lösungen sollen das damit präparirte Holz zum Vertragen eines Oelfarbeanstrichs ganz ungeeignet machen, indem der Anstrich leicht abblättert.

Die Bereitung des Zinkchlorids geschieht wie folgt:

Man zerschlägt die rohen Zinkplatten in kleine Stücke, bringt sie in steinerne Töpfe und gießt Salzsäure darauf; es bildet sich unter Wärmeentwickelung salzsaures Zinkoxyd. Man läßt die Auflösung mehrere Tage, wenigstens über 48 Stunden stehen, um möglichst wenig überschüssige Säure darin zu behalten. Nach dieser Zeit hat die Auflösung, wenn sie in trocknem und warmen Wetter hergestellt worden war, 56 bis 58 Grad Beaumé, bei feuchtem und kalten Wetter aber nicht über 52 Grad. Durch Erwärmen in einem Sandbade kann man diese schwächere Lösung auf den vorgenannten größeren Gehalt concentriren. Drei Gewichtstheile Salzsäure lösen etwa einen Gewichtstheil Zink auf; es ist aber zweckmäßig, daß bei der Bereitung Zink im Ueberschusse vorhanden sei, damit man gesichert ist vor überschießender Salzsäure.

Die Kupfervitriol-Auflösungen werden in einer Stärke von $2^1/_2$ bis 4 Grad Beaumé verwendet. 1 Pfund Kupfervitriol auf 25 Pfund Wasser gibt eine Auflösung von $2^1/_2$ Grad Beaumé.

Eisenvitriol-Lösungen werden von etwa 6 Grad Beaumé und zwar 1 Pfund Eisenvitriol auf 18 Pfund Wasser angewendet.

Bezüglich des Aräometers von Beaumé bemerken wir, daß die Aräometergrade das specifische Gewicht der Flüssigkeit bestimmen, und daß für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser, folgende Vergleichungen gelten:

0	Grad	Beaumé	= 1,000	specifisches	Gewicht
1	"	"	= 1,007	"	"
2	"	"	= 1,014	"	"
3	"	"	= 1,020	"	"
4	"	"	= 1,028	"	"
5	"	"	= 1,034	"	"
6	"	"	= 1,041	"	"
7	"	"	= 1,049	"	"
8	"	"	= 1,057	"	"
9	"	"	= 1,064	"	"
10	"	"	= 1,072	"	"
11	"	"	= 1,080	"	"
12	"	"	= 1,088	"	"
13	"	"	= 1,096	"	"
14	"	"	= 1,104	"	"
15	"	"	= 1,113	"	"
16	"	"	= 1,121	"	"
17	"	"	= 1,130	"	"
18	"	"	= 1,138	"	"
19	"	"	= 1,147	"	"
20	"	"	= 1,157	"	"
21	"	"	= 1,166	"	"
22	"	"	= 1,176	"	"
23	"	"	= 1,185	"	"
24	"	"	= 1,195	"	"
25	"	"	= 1,205	"	"
26	"	"	= 1,215	"	"
27	"	"	= 1,225	"	"
28	"	"	= 1,235	"	"
29	"	"	= 1,245	"	"
30	"	"	= 1,256	"	"
31	"	"	= 1,267	"	"
32	"	"	= 1,278	"	"
33	"	"	= 1,289	"	"
34	"	"	= 1,300	"	"
35	"	"	= 1,312	"	"
36	"	"	= 1,324	"	"
37	"	"	= 1,337	"	"
38	"	"	= 1,349	"	"
39	"	"	= 1,362	"	"

40 Grad Beaumé = 1,375 specifisches Gewicht.
50 " " = 1,515 " "

Um die Poren des Holzes vollständig zu schließen, den Zutritt der Luft und des Wassers in dieselben zu verhindern und dadurch die Bedingungen der Fäulniß zu beseitigen, muß man das Innere der Hölzer mit solchen Substanzen anfüllen, welche im Wasser unlöslich sind, und daher durch die wiederholten oder andauernden Einwirkungen desselben weder aufgelöst noch ausgewaschen werden können.

Diesen Voraussetzungen entsprechen die erwähnten Metallsalz-Auflösungen für sich allein nicht. Nun sind aber alle in das Innere des Holzes zu schaffenden Stoffe, welche sich an den Wandungen der Poren desselben gehörig fest ablagern sollen, kaum auf anderem Wege einzubringen, als mit Hülfe von Auflösungsmitteln, und es ist zu bemerken, daß wenn dieselben in Form von Auflösungen hineingebracht worden sind, sie auch in derselben Form, das heißt, indem man sie wieder auflöst, herausgeschafft werden können; es sei denn, daß sie im Innern eine solche chemische Veränderung erlitten hätten, daß sie in Folge dieser in unauflösliche Verbindungen übergegangen sind. Diese letzte Bedingung ist also zu erfüllen, wenn man die Poren des Holzes mit Substanzen verstopfen will, welche im Wasser unlöslich sind. Das einzuhaltende Verfahren besteht nun darin, daß man das Holz nacheinander mit zwei verschiedenen Substanzen tränkt, von denen jede einzeln für sich in Wasser löslich ist; die aber, nachdem sie in das Holz eingedrungen sind, in demselben chemisch so aufeinander wirken, daß sie einen Niederschlag bilden, der unauflöslich ist, sonach sich durch die Einwirkung des Wassers nicht auswaschen läßt. Diese Methode ist zuerst von Payne angewendet worden und wird nach ihm das Paynisiren des Holzes genannt. Payne wendete zuerst als erste Auflösung Eisenvitriol in Wasser und als zweite Auflösung Chlorcalcium-Lösung an; wodurch sich im Innern des Holzes schwefelsaurer Kalk (Gyps) und Eisenchlorid bildete. Später schlug Payne vor, zur ersten Tränkung eine Auflösung von Schwefelcalcium oder von Schwefelbarium zu verwenden, und diese durch nachfolgende Behandlung mit Eisenvitriol in schwefelsauren Kalk (Gyps), in schwefelsauren Baryt und in Schwefeleisen zu verwandeln, welche beiden Salze in Wasser nicht löslich sind. Die für diesen Zweck zu verwendende Eisenvitriol-Lösung soll auf 1 Pfund Eisenvitriol 10 bis 20 Pfund Wasser; die Lösung von Schwefelcalcium oder Schwefelbarium soll auf 1 Pfund einer dieser Substanzen 12 Pfund Wasser enthalten.

Diese Art der Imprägnirung wurde in neuester Zeit auch in Deutschland für Eisenbahnschwellen vorgeschlagen und in Ausführung gebracht.

Das Verfahren des Imprägnirens besteht der Reihe nach in Folgendem:

1. Einlegen des im Winter gefällten und lufttrocknen Holzes in einem luftdicht verschlossenen Cylinder;
2. Entfernung der in dem Cylinder enthaltenen Luft durch Einlassen von Wasserdampf in den Cylinder;
3. Condensirung des eingelassenen Wasserdampfes zur Herstellung eines luftleeren Raumes;
4. Einlassen der ersten Lauge zum Zwecke der etwa eine Stunde andauernden Imprägnirung durch einen Druck von 4 Atmosphären, bewirkt durch eine Handdruckpumpe;
5. Ablassen der Flüssigkeit aus dem ersten Cylinder;
6. Herausnehmen und vorläufiges Schnelltrocknen des Holzes;
7. Einlegen des Holzes in einen zweiten Cylinder, wo es dann bei der zweiten Imprägnirung derselben Behandlung unterworfen wird, wie bei der ersten;
8. Herausnehmen des Holzes und allmähliches Trocknen desselben, zuerst einige Tage in gedeckten, aber luftigen Räumen, alsdann im Freien.

Auch werden die Hölzer in Behälter (Cylinder von Kupfer), welche sich luftdicht verschließen lassen, eingesetzt. Nach dem Verschluß dieser Behälter wird die Luft mittels einer durch Dampfkraft getriebenen Luftpumpe aus den Behältern, sonach auch aus den Hölzern, ausgesogen, bis das Vakuum etwa einer Quecksilbersäule von $4^1/_2$ Zoll entspricht; und nun läßt man die Tränkungsflüssigkeit einströmen. Die Hölzer saugen die Flüssigkeit begierig auf, und durch die Anwendung des hydrostatischen Drucks durch ein höher gelegenes Wasserreservoir, oder durch die Anwendung einer Druckpumpe kann das Eindringen des Tränkungsmittels wesentlich befördert werden.

Auf der Köln-Mindener Eisenbahn wurde das nachbeschriebene Verfahren angewendet, um die Schwellen mit Schwefelbarium und Eisenvitriol zu tränken.

In einen eisernen Cylinder von 28 Fuß Länge und 4 Fuß Durchmesser werden auf drei niedrigen Blockwagen jedesmal 42 bis 45 Stück 8 Fuß lange Bahnschwellen eingefahren, darnach der Cylinder geschlossen, mittels der Luftpumpe bis auf $4^1/_2$ Zoll Quecksilbersäule evakuirt (luftleer gemacht), was etwa in 10 Minuten geschehen ist; dann wird eine Auflösung von Schwefelbarium von etwa 1,04 specifischem Gewicht, nahe 6 Grad Beaumé, eingelassen und die Luft nochmals herausgezogen. Hierauf setzt man die Flüssigkeit in dem Cylinder mit Anwendung einer Druckpumpe einem Ueberdruck von 8 Atmosphären (über den äußeren Luftdruck) während 50 Minuten aus, und läßt dann die nicht in die Hölzer eingedrungene Flüssigkeit aus dem Cylinder ab. Nun setzt man die Luftpumpe wieder in Thätigkeit, läßt die Eisenvitriol-Auflösung (von 1,05 specifischem Gewicht oder nahe 8 Grad Beaumé) einströmen, stellt von Neuem einen leeren Raum her

und treibt die Flüssigkeit mit demselben Druck wie die Schwefelbarium-Lösung in die Hölzer ein.

Die ganze Operation erfordert, das Einschieben und Herausnehmen der Hölzer mit inbegriffen, etwa 3 Stunden. Die Schwefelbarium-Auflösung sowohl als auch die Eisenvitriol-Lösung wurden bei 19 Grad Celsius verwendet. Die Schwefelbarium-Lösung muß vor dem Gebrauche gegen den Zutritt der Luft geschützt aufbewahrt werden, damit nicht durch die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft sich schon aus der Lösung schwefelsaurer Baryt ausscheidet.

Die Fähigkeit der Hölzer, die Metallsalz-Auflösungen aufzunehmen, ist sehr verschieden. Nach Versuchen von Dalpiaz über die Gewichtszunahme der Hölzer durch das Aufnehmen von Metallsalz-Lösungen ergaben sich folgende Resultate in Procenten des ursprünglichen Gewichtes.

Holzart.	Gewichtszunahme. Grünes Holz.	Lufttrocknes Holz.
Tannen	72 Proc.	52 Proc.
Nußbaum	100 „	34 „
Ulme . .	40 „	52 „
Linde . .	87 „	140 „
Esche . .	14 „	21 „
Eiche . .	12 „	9 bis 11 „

Bei der Tränkung der Bahnschwellen auf der Berlin-Hamburger Bahn ergab sich, daß:

1 Cubikfuß Eichenholz durchschnittlich 0,195 Pfund
1 „ Kiefernholz „ 0,375 „

Kupfervitriol aufnahm.

Es zeigte sich bei mehrfachen Versuchen, daß die Aufnahmsfähigkeit der Hölzer je nach der Witterung verschieden war. Bei trockner und warmer Witterung nahm 1 Cubikfuß Kiefernholz 0,218 Pfund Kupfervitriol aus einer Lauge von 3 Grad Beaumé auf; während ganz gleiches Holz bei feuchter, kalter Witterung nur 0,180 Pfund derselben Lösung einsog.

Eine weitere Verschiedenheit in der Aufnahmsfähigkeit der Hölzer stellt sich bei der Anwendung von Laugen verschiedener Stärke heraus. Versuche mit Anwendung von Laugen verschiedener Stärke haben ergeben, daß im Durchschnitt:

1	Cubikfuß	Kiefernholz	bei 6^0	Beaumé	0,388 Pfund	Kupfervitriol
1	„	„	„ 5^0	„	0,323 „	
1	„	„	„ 4^0	„	0,259 „	
1	„	„	„ 3^0	„	0,187 „	
1	„	„	„ 2^0	„	0,118 „	

aufnahm.

Indem wir unsere Besprechung über die bis jetzt gebräuchlichen, vorzugsweise aber nur bei Eisenbahnschwellen in Anwendung gebrachten Methoden des Imprägnirens der Hölzer zum Zwecke ihrer Conservirung hiermit schließen, glauben wir darauf aufmerksam machen zu müssen, daß das Imprägniren auch bei solchen Hölzern von Constructionen beim Brücken- und Wasserbau, welche den Einflüssen der Witterung und der Nässe ausgesetzt, sonach den Bedingungen der Fäulniß unterworfen sind, mit großem Nutzen Anwendung finden könnte.

Wir haben nun zu den bereits besprochenen Mitteln, welche angewendet werden, um das Bauholz gegen Fäulniß zu schützen, noch der Ueberzüge zu gedenken, welche als Anstriche gegen das Eindringen der Nässe Anwendung finden. Kommt es nur darauf an, freistehendes Holzwerk im Innern der Gebäude gegen das Eindringen feuchter Luft zu schützen, so kann man sich verschiedener Anstriche bedienen, bei denen weder Oele noch Harze das Bindemittel der Farbestoffe bilden; bei Hölzern im Freien aber, welche dem Eindringen der Nässe ausgesetzt sind, oder zum Theil unter Wasser oder in der Erde stehen, muß das Bindemittel der Farbestoffe oder Mineralien, welche einen zusammenhängenden und gegen das Eindringen der Nässe vollkommen sichernden Ueberzug bilden sollen, aus trocknenden Oelen oder Harzen bestehen.

a. **Die Leimfarben** entsprechen zum Anstreichen derjenigen Hölzer im Innern der Gebäude, welche nur gegen das Eindringen von Dämpfen oder feuchter Luft geschützt werden sollen, in vielen Fällen ganz diesem Zwecke. Bei den Leimfarben werden die Farbestoffe mit Kreide als Basis vermengt. Es werden die Farben mit Wasser angerieben, nach erfolgtem Reiben mit Leimwasser vermischt und alsdann mit reinem Wasser vor dem Gebrauche verdünnt. Das Leimwasser wird bereitet, indem man 1 Pfund Leim in $2^1/_2$ bis 3 Maß = 5 bis 6 Litre Wasser auflöst. Auf etwa 4 Pfund geschlemmte Kreide, oder eine andere Erdfarbe von gleichem specifischen Gewichte nimmt man $^1/_2$ Maß Leimwasser. Haben die Farbenzusätze ein größeres specifisches Gewicht als Kreide, so wird etwas mehr Leimwasser zugesetzt. Der Leimfarbeanstrich muß mindestens zwei Mal und zwar nur dünn aufgetragen werden, und die Farben muß man schnell auftragen und tüchtig vertreiben. Der zweite Anstrich wird vorgenommen, bevor der erste ganz aufgetrocknet ist, weil außerdem Flecken und Streifen sichtbar werden.

In vielen Fällen dauerhafter als Leimfarbeanstrich ist der Anstrich mit

b. **Milchfarben.** Die letzteren haben den Vorzug vor Leimfarben, daß sie wochenlang aufbewahrt werden können. Eine erprobte Mischung ist: 4 Pfund abgerahmte Milch, 6 Unzen frisch gelöschter Kalk, 4 Unzen Lein-, Mohn- oder Nußöl und 3 Pfund weißer Thon oder geschlemmte Kreide. Den nur durch Eintauchen zu Pulver gelöschten Kalk rührt man mit Milch zu einem dicken Brei, setzt diesem das Oel zu und bei beständigem Umrühren die übrige Milch,

und zuletzt den Thon oder die Kreide. Die Milchfarben werden, wie die Leimfarben, zwei Mal angestrichen. Um dem Anstrich Glanz zu geben, wird derselbe mit einer Flüssigkeit überzogen, die aus Eiweiß und Wasser besteht. Man nimmt auf 3 Pfund Wasser das Weiße von 12 Eiern, welches tüchtig mit dem Wasser zerquirlt wird.

c. **Milch- und Käsefarben** geben einen überaus dauerhaften Holzanstrich. Zu einem Cubikfuß frischgelöschtem Kalk wird $^2/_5$ Cubikfuß Käsematte verarbeitet und dieser Masse so viel rahmfreie Milch zugesetzt, als erforderlich ist, um dieselbe durch ein feines Drahtsieb zu treiben. Werden 14 Maß rahmfreie Milch zugesetzt, so ist sie zum Anstreichen geeignet. Das Holz wird vorher durch einen Leimgrund gedeckt. Der Anstrich kann vier bis sechs Mal wiederholt werden, und nimmt, nach dem Trocknen mit wollenen Lappen gerieben, einen schönen Glanz an.

d. **Der finnische Anstrich** für Holzwerk, sowohl im Innern, als auch im Freien, wird in folgender Mischung als conservirender Ueberzug in Schweden angewendet:

1) 3 Pfd. Colophonium werden in 20 Pfd. Thran durch Erhitzung aufgelöst;
2) 10 Pfund Roggenmehl werden in 30 Pfund kaltem Wasser zu einem Brei verarbeitet;
3) 4 Pfund Zinkvitriol werden in 90 Pfund heißem Wasser aufgelöst.

Der Mehlbrei wird in die heiße Zinkvitriol-Auflösung gebracht und mit dieser verrührt, zuletzt die Lösung von Colophonium und Thran beigemischt und das Ganze zu einer gleichförmigen Masse durchgearbeitet und umgerührt. Dieser Anstrich, welchem Eisenroth, Ocker, Umbra oder eine andere Erdfarbe beigesetzt werden kann, soll sowohl gegen eindringende Nässe, als auch vor dem Wurmfraße schützen.

e. **Der Oelfarbeanstrich** bildet, so lange das mit der Basis (Blei- oder Zinkoxyd) verbundene Oel durch die Einwirkung der Wärme noch nicht verflüchtigt ist, einen gegen das Eindringen der Nässe vollkommen schützenden Ueberzug. Die anzustreichenden Hölzer müssen trocken sein, und werden, damit den Farben das zur Bindung derselben erforderliche Oel nicht entzogen wird, vorher mit heißem Oel getränkt. Im Innern der Gebäude genügt ein dreimaliger Anstrich, während Hölzer, welche dem Einflusse der Witterung ausgesetzt sind, vier Mal angestrichen werden. Die Festigkeit und der innige Zusammenhang des Oelfarbeanstrichs wird dadurch erheblich vermehrt, daß man den dritten Anstrich sandelt — so lange er noch frisch ist, mit einem trocknem Sande bestreut — und alsdann erst zum vierten Male anstreicht. Wird als Bindemittel der Farben statt des Leinöls Copaïva-Balsam genommen und zu 28 Gewichtstheilen von demselben 1 Gewichtstheil Jungfernwachs zugesetzt, so gibt dies einen Anstrich, welcher in das Holz tief eindringt

und zugleich die Farben vor Oxydation oder irgend einer chemischen Veränderung, welche durch den Zutritt der atmosphärischen Luft herbeigeführt wird, schützt. Auch die mit Leinöl geriebenen Farben erhalten eine längere Dauer, und es wird deren Nachdunkeln verhindert, wenn man dem Leinöl etwa $^1/_{24}$ seines Gewichtes Wachs zusetzt. Das Wachs muß vorher in Terpentinöl aufgelöst und dem Leinöl kalt zugesetzt werden. Das Leinöl zu erwärmen und darin das Wachs aufzulösen, taugt nicht, denn es wird beim Erkalten das Wachs wieder consistent und trennt sich von dem Oele.

f. **Theeranstriche** sind die üblichsten zum Schutze beschlagener oder geschnittener Hölzer, welche Wind und Wetter ausgesetzt sind. Der Steinkohlentheer ist dazu am geeignetsten, indem er, aus Harz und flüchtigen Oelen bestehend, leicht trocknet und einen festen und dabei biegsamen Ueberzug bildet. Heiß aufgetragen, dringt er tief in das Holz ein, und wird der Anstrich so oft wiederholt, bis das Holz nichts mehr einsaugt, so wird davon das Holz so durchdrungen, daß selbst später entstehende kleine Risse und Sprünge das Eindringen der Nässe in das Innere des Holzes nicht zulassen. Dem letzten Anstriche wird Terpentinöl, etwas Schwarzpech und Ziegelmehl oder reiner scharfer Sand zugesetzt.

Der Holztheer eignet sich zwar zum schützenden Anstrich von Holzwerk im Freien vorzüglich, bleibt aber, da er Holzsäure enthält, die an der Luft nicht trocknet, sehr lange schmierig. Wird die in dem Holztheer enthaltene Holzsäure zersetzt, so wird der Anstrich fest und trocken. Wird der Holztheer gekocht und demselben während des Kochens so lange Schlemmkreide zugesetzt, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt, so ist die darin enthaltene Holzsäure zerstört. Setzt man nun dem Theere $^1/_3$ seines Rauminhaltes Harz zu, so ist er, wenn das Harz völlig aufgelöst ist, zum Anstriche verwendbar. Der erste Anstrich wird heiß aufgetragen und in der Regel vor dem völligen Trocknen gesandelt, während der zweite nach dem völligen Erhärten des ersten aufgebrachte Anstrich ungesandelt bleibt. Soll ein dreimaliger Anstrich angewendet werden, so wird auch der zweite gesandelt und auf diesen der dritte ungesandelt gebracht.

Mineral- oder Bergtheer, eine verdichtete Abänderung des Erdöls, wird wie der Steinkohlentheer zum Anstreichen der Hölzer verwendet. Zum Verkitten der Fugen oder Risse bedient man sich einer Mischung von 3 Theilen Asphalt oder Erdharz und 1 Theil Mineraltheer. Dieselbe Mischung kann zum Anstreichen verwendet werden, wobei sie warm und mindestens eine Linie stark aufgetragen wird.

Bezüglich der Theeranstriche gilt im Allgemeinen, daß dieselben, indem die in den verschiedenen Theeren enthaltenen Oele in hoher Temperatur sich verflüchtigen, nur eine kurze Reihe von Jahren als Schutzmittel gegen das Eindringen der Nässe sichern, und deshalb von Zeit zu Zeit wiederholt werden

müssen. Die Erfahrung lehrt, daß es immer von Nutzen ist, Theer= oder Theerkittanstriche mit feinkörnigem Quarzsande zu bestreuen, so lange das warm aufgetragene Deckmaterial sich noch im Flusse befindet.

g. **Wasserglasanstrich** wird zwar vielfach als Schutzmittel gegen eindringende Nässe empfohlen, kann aber, unseres Erachtens, den davon gehegten Erwartungen nicht entsprechen. Die in dem Wasserglase in aufgelöstem Zustande befindliche Kieselerde dringt in den Holzkörper nicht ein, sondern lagert sich auf der Oberfläche desselben ab und verliert, einmal aufgetrocknet, mit der Zeit allen Zusammenhang. Der Anstrich, im Anfang glänzend wie Firniß, wird schon nach kurzer Zeit matt und läßt unbedeckte Stellen erkennen, und später, namentlich bei Anstrichen im Freien, erscheint die darin enthaltene aufgelöste Kieselerde als trockenes Pulver, welches leicht abgerieben werden kann, sogar von selbst herabfällt. Kann nach diesen thatsächlichen Erscheinungen der Anstrich mit Wasserglas keinen dauernden Schutz gegen das Eindringen der Nässe gewähren, so möchte er dagegen sehr geeignet sein, als Unterlage von darüber angebrachten Oelfarbeanstrichen die Festigkeit der Holzoberflächen, und durch die Oelfarbeanstriche gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft, welche allein die genannten nachtheiligen Veränderungen bewirkt, geschützt, zugleich die Undurchdringlichkeit der vereinigten Anstriche zu vermehren.

Dritter Abschnitt.

Von den Gründungen.

Ist der Baugrund an und für sich nicht hinreichend fest, um die Last eines darauf aufzuführenden Bauwerkes ohne Einsenkung zu tragen, oder kommt der feste Grund erst in so großer Tiefe vor, daß das Ausgraben der Fundamentgräben bis zu dem festen Grunde, sowie das Aufführen der Fundamentmauern von diesem aus mit sehr großen Kosten und Schwierigkeiten verbunden, unter Umständen sogar unmöglich ist; so bedient man sich zur Herstellung einer sicheren Unterlage für die Fundamentmauern von Bauwerken im Wasser noch häufig der Constructionen aus festem Holze, welche unter dem Namen der Roste bekannt sind.

Man unterscheidet die Roste als Liegende Roste und als Pfahlroste.

Der liegende Rost wird bei Baugrund angewendet, welcher zusammenpreßbar ist, dabei aber nicht seitlich ausweicht, und dessen Festigkeit zum Tragen eines Bauwerkes ausreichend ist, wenn die Last des Bauwerks auf eine größere

Grundfläche als die der Fundamentmauern vertheilt wird. Wie die Verbreitung der Fundamentsohle bei minder festem Boden von großem Vortheil ist, so ist dies auch der Fall bei Boden von ungleicher Beschaffenheit, welcher nur theilweise eine größere Last tragen kann, als an anderen Stellen. Gebäude, unmittelbar auf solchem Baugrunde aufgeführt, würden sich ungleich senken. Da nun die Festigkeit eines Bauwerkes davon abhängt, daß die unterstützende Fläche unter dem ganzen Gebäude zusammenhängend und so innig verbunden ist, daß keine Trennung an einzelnen Stellen entstehen kann; so bietet auch in den Fällen, wo der Baugrund von ungleicher Tragfähigkeit ist, der liegende Rost das Mittel dar, die Last der Fundamentmauern auf eine größere Grundfläche gleichmäßig zu vertheilen und von unzuverlässigen Stellen auf festere überzutragen.

Der liegende Rost wird aber nur dann seinem Zwecke entsprechen, wenn er aus festem Holze von ausreichender Stärke hergestellt, und wenn das darauf ruhende Mauerwerk in gutem Verbande aufgeführt und so eine Biegung des Rostes an den Stellen, wo der Baugrund nicht ausreichend fest ist, verhindert wird. Von Dauer kann der Rost nur dann sein, wenn er immer unter Wasser steht; wird er abwechselnd naß und trocken, oder wohl auf ganz trocknem Boden angelegt, so würde das Holzwerk unausbleiblich der Fäulniß unterliegen und mit der Zeit von der darauf ruhenden Last zerdrückt werden.

Der liegende Rost wird gebildet durch zwei Lagen von Schwellen, welche sich rechtwinkelig kreuzen und an den Kreuzungsstellen durch Ueberblattung oder Verkämmung miteinander zu einem unverschieblichen und festzusammenhängenden Rahmwerke verbunden sind.

Wir geben in Fig. 6 den Durchschnitt und in Fig. 7 den Grundriß eines liegenden Rostes, bei welchem die Querschwellen *a* unmittelbar auf dem natürlichen Baugrunde liegen und so zur Unterstützung der in entgegengesetzter Richtung darübergelegten Längeschwellen *b* dienen. An den Kreuzungsstellen der in gleicher Entfernung von durchschnittlich drei Fuß von einander gelegten Quer- und Längeschwellen sind dieselben am zweckmäßigsten auf den achten Theil ihrer Höhe miteinander verkämmt, oder es werden, wie dies zum Nachtheile des festen Zusammenhanges immer noch geschieht, die Längeschwellen *b* in die Querschwellen *a* vertieft eingesetzt, wobei die erforderlichen Einschnitte aus den Querschwellen gearbeitet werden. Die Querschwellen müssen immer aus einem ganzen Holze bestehen. Die Längeschwellen, welche einen sehr wesentlichen Theil des Rostes bilden, indem sie dazu dienen, das Fundament der Länge nach zusammenzuhalten, können bei Bauwerken von bedeutender Ausdehnung aus einem Holzstücke nicht hergestellt werden; und es müssen die vorkommenden Stöße immer auf der Mitte der Querschwellen und abwechselnd so angebracht werden, daß die Stöße zweier nebeneinander-

Fig. 6.

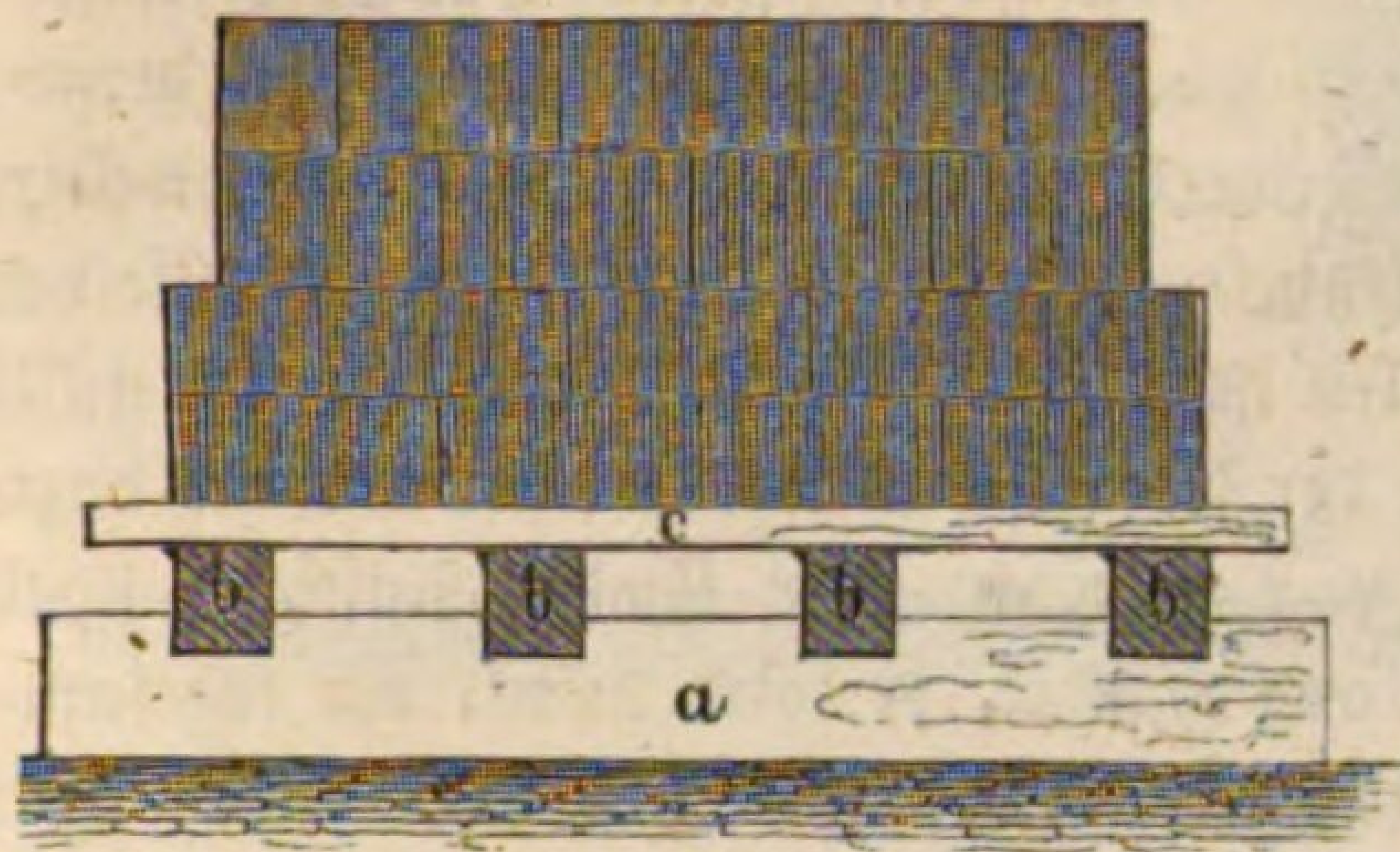


Fig. 8.

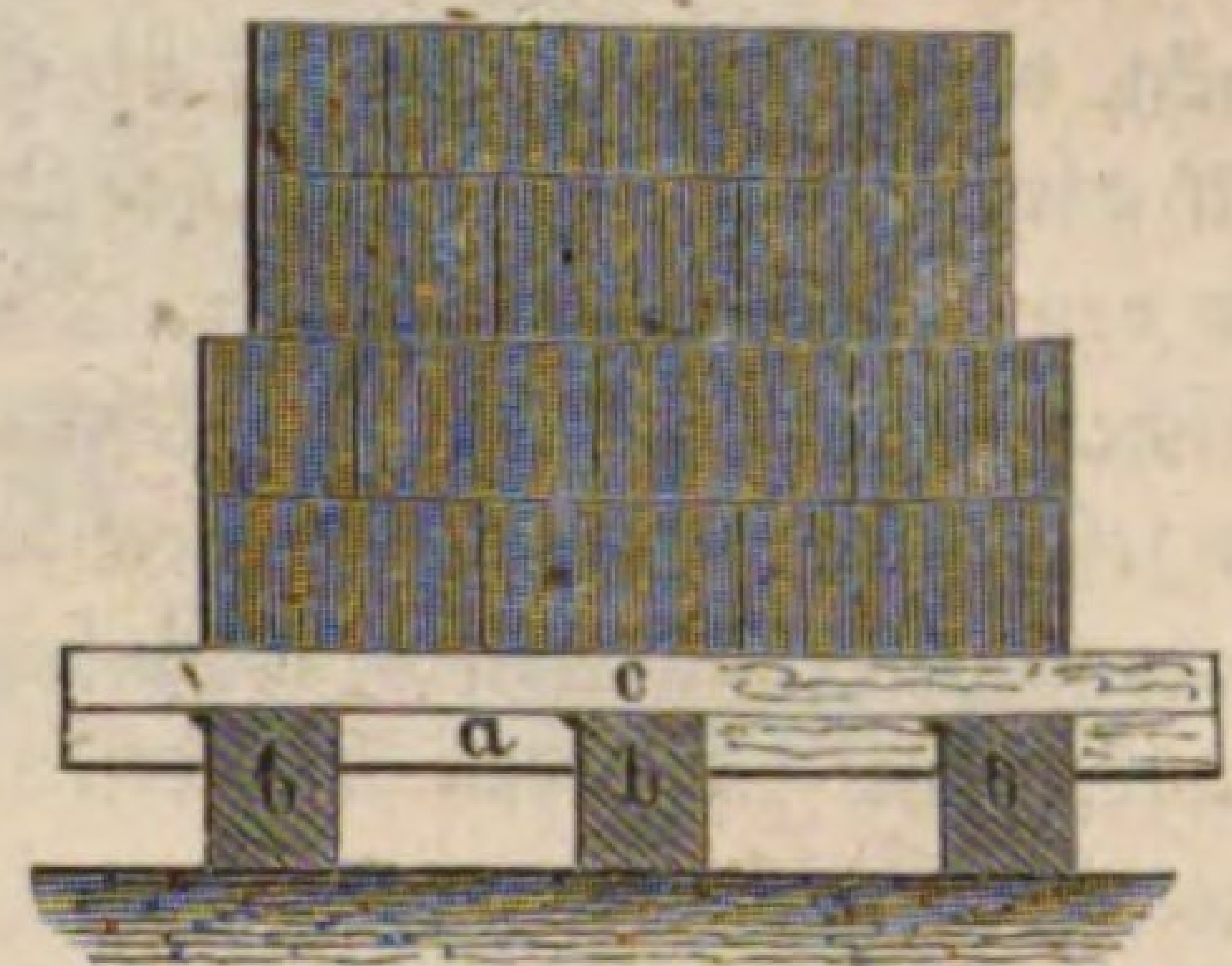


Fig. 7.

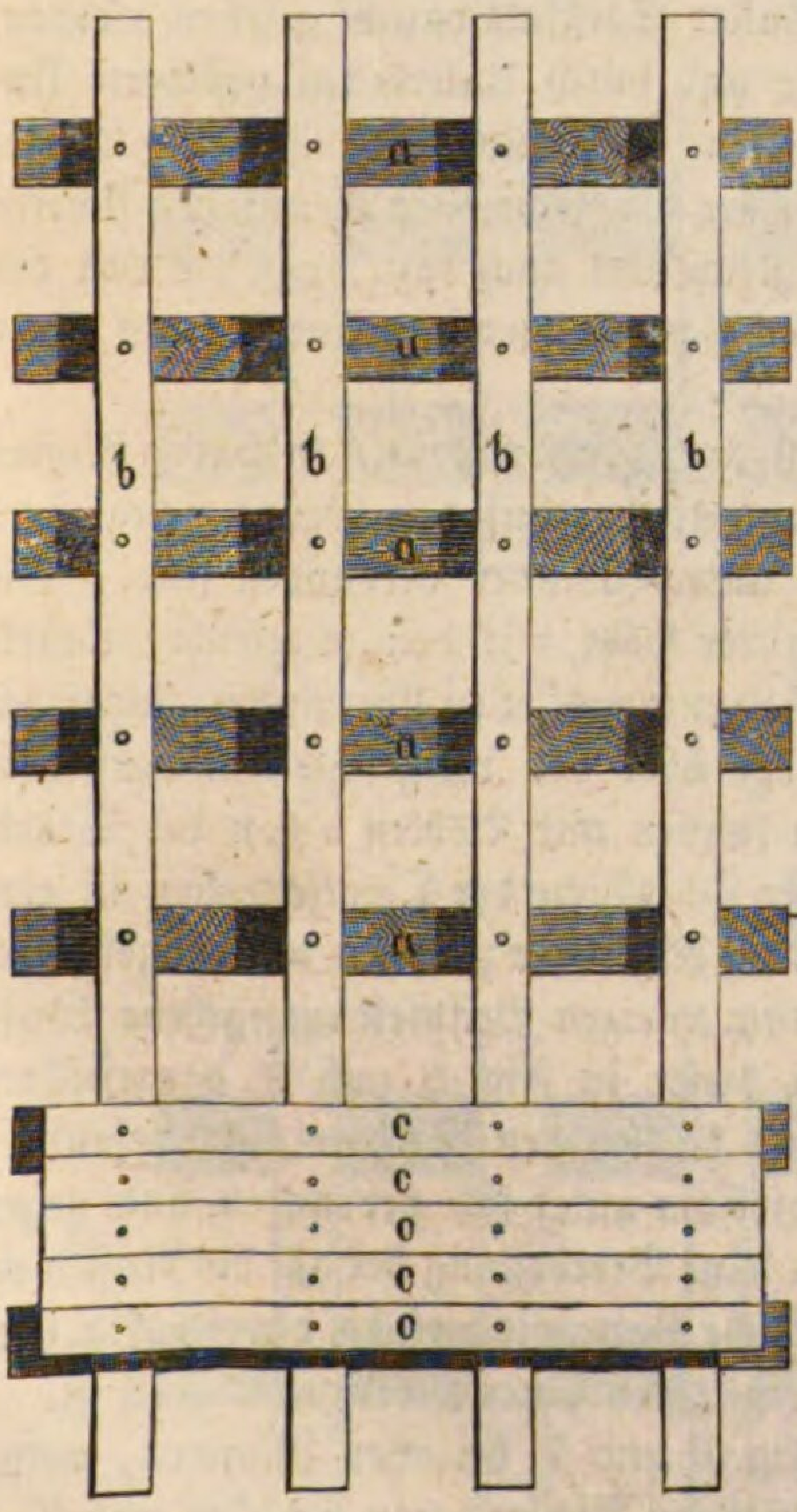
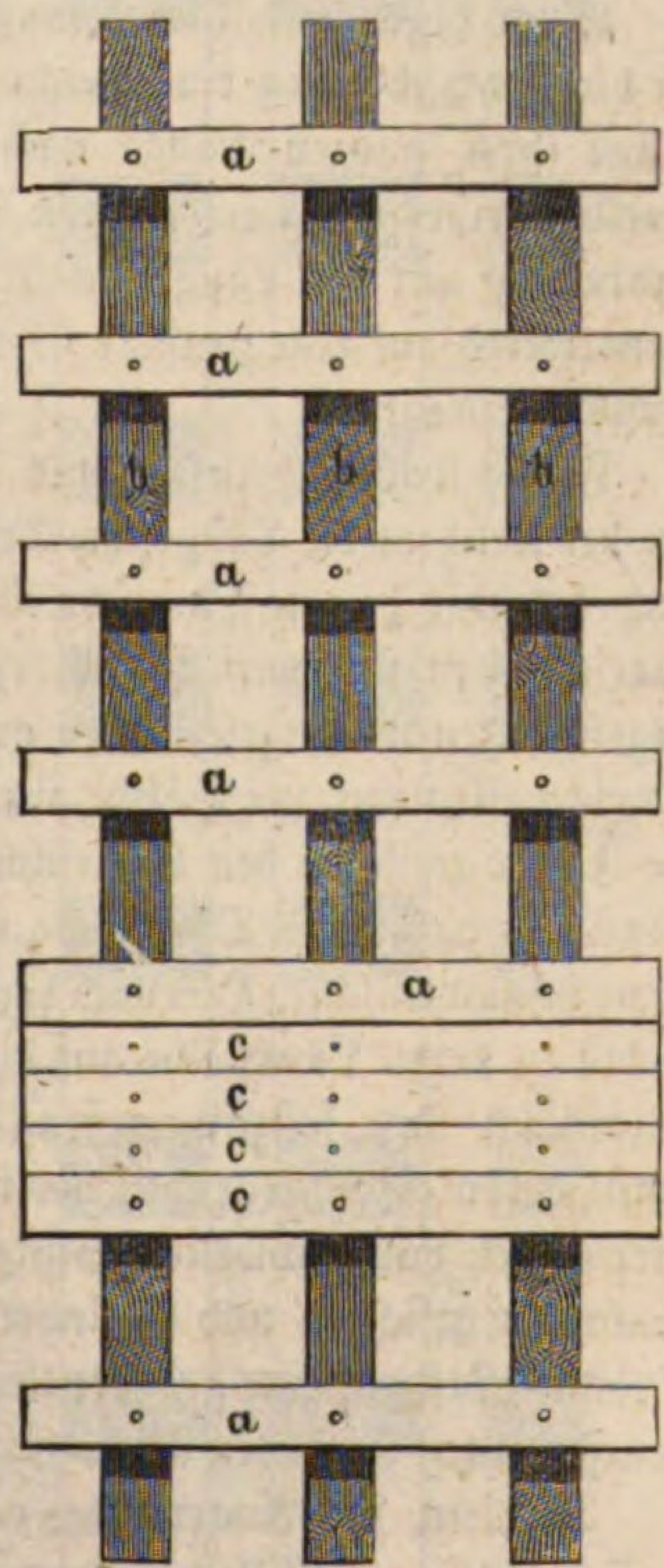


Fig. 9.



liegenden Längeschwellen nie auf einer und derselben Querschwelle zusammentreffen.

Ueber den Längeschwellen wird ein Beleg von starken Bohlen *cc* angebracht, deren Befestigung auf die Längeschwellen durch hölzerne Nägel hergestellt wird. Damit die Last des Mauerwerks nicht allein auf die Schwellen und den darüber angebrachten Bohlenbeleg wirke; so werden die Rostfelder zwischen den Quer- und Längeschwellen mit einem festen Materiale angefüllt und festgestampft bis zur Oberfläche der Längeschwellen. Man nimmt dazu Thon oder Lehm mit einem Zusatze von Steinen oder Kies, Flußsand oder Mauersteine. Werden Mauersteine angewendet, so wird damit ein regelmäßiges Rollschichtenmauerwerk ausgeführt, welches mit kleinen Steinen gut ausgeschlagen und alsdann mit hydraulischem Mörtel übergossen und ausgeglichen wird.

Beim Legen des Rostes muß mit aller Sorgfalt darauf gesehen werden, daß die Querschwellen eine gleichmäßige und durch Unterkeilen gesicherte Unterlage ihrer ganzen Länge nach erhalten. Die über die äußeren Längeschwellen beiderseits vortretenden Theile der Querschwellen dienen zur sicheren Verbindung mit den Längeschwellen, zugleich aber auch dazu, daß die Last des Mauerwerks auf eine größere Grundfläche vertheilt wird, und werden deren Vorstöße genannt.

Fig. 8 stellt die Ansicht und Fig. 9 den Grundriß eines liegenden Rostes dar, bei welchem die Längeschwellen *b* unmittelbar auf den Grund gelegt und durch darüber gelegte Querschwellen *a* unter einander verbunden sind. Die Querschwellen sind auf ein Viertheil ihrer Höhe mit den in gleicher Stärke ausgeschnittenen Längeschwellen an den Kreuzungsstellen überblattet; sodaß die Querschwellen nur zur Hälfte ihrer Höhe über den Längeschwellen vorstehen. Die Felder zwischen den Querschwellen werden mit Bohlen *c* von der Stärke ausgelegt, daß deren Oberfläche mit der Oberfläche der Querschwellen in eine Ebene zusammenfällt. Hiernach sind nur die Rostfelder zwischen den Längeschwellen bis zu deren Oberfläche auf die in dem vorigen Beispiele angegebene Weise auszufüllen und festzustampfen. Bei dieser in Fig. 8 und 9 dargestellten Construction eines liegenden Rostes sind die an den Stößen nicht besonders unterstützten Längeschwellen weniger wirksam unter sich verbunden und gegen Senkungen gesichert, und es findet auch keine Vertheilung der auf die Rostfläche gebrachten Last auf eine größere Grundfläche statt, wie dies bei dem in Fig. 6 u. 7 dargestellten liegenden Roste mit untergelegten Querschwellen der Fall ist.

Verdient die Anordnung nach Fig. 6 und 7 bei allen Mauern, welche für sich allein aufgeführt werden, wie dies bei Pfeilern von Brücken und Viaducten der Fall ist, unbedingt den Vorzug; so ist es doch bei Bauwerken, wo die Mauern, in verschiedener Richtung geführt, zusammentreffen, nicht zu umgehen,

Fig. 10.

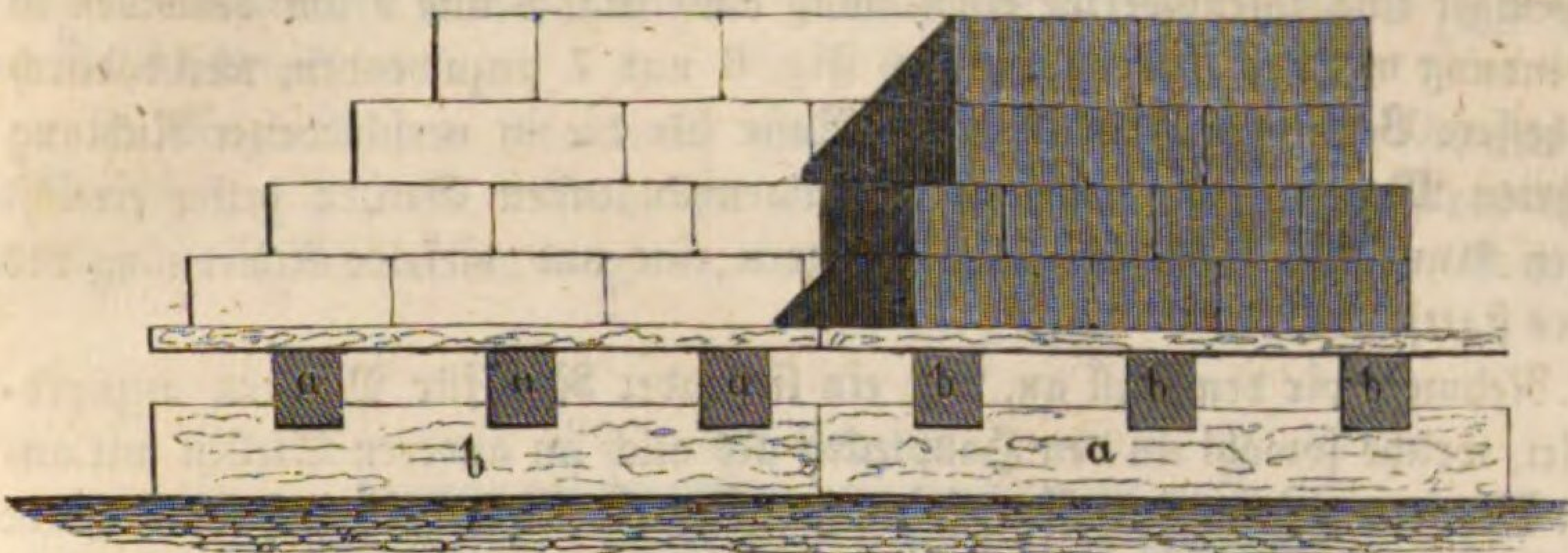
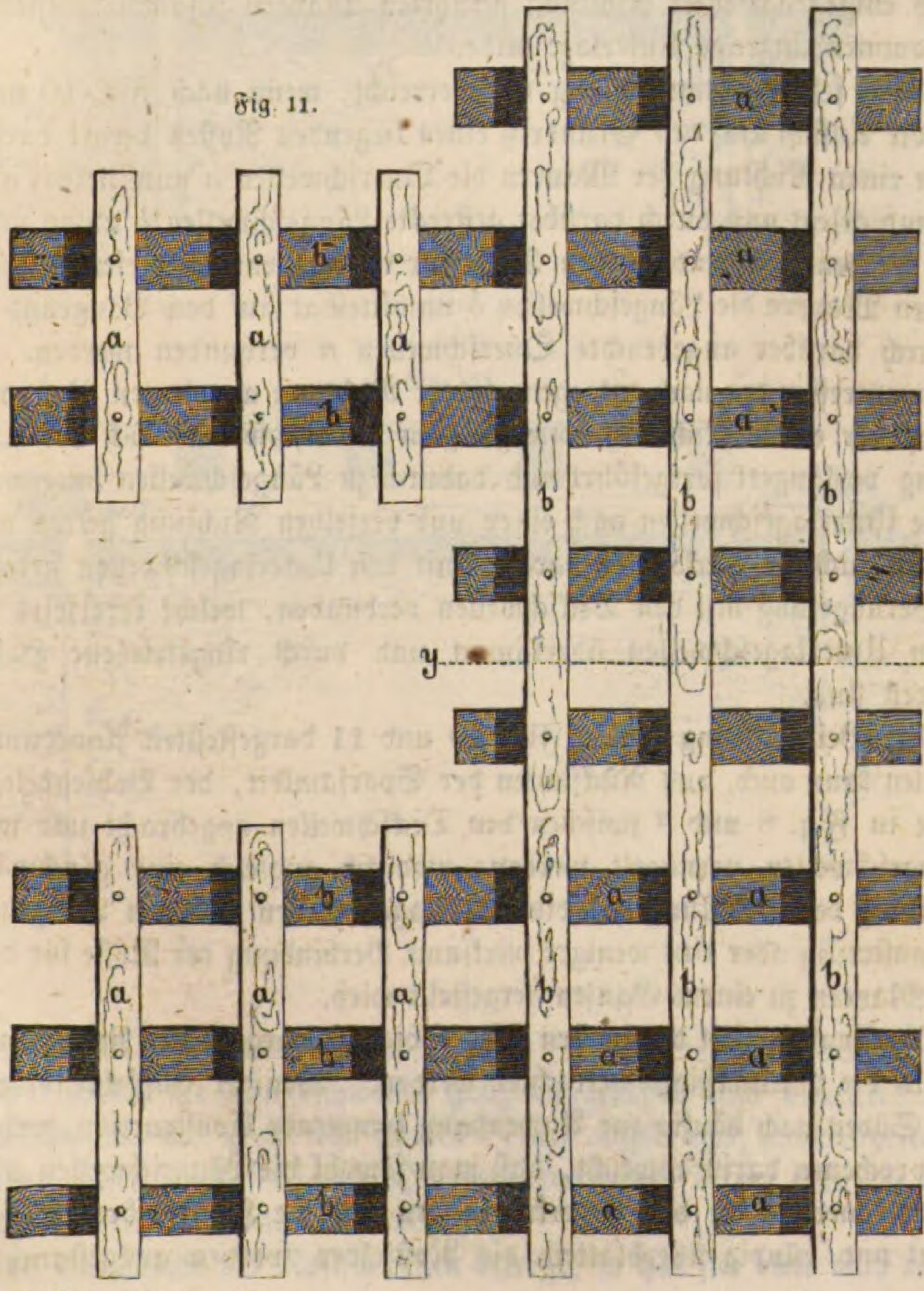


Fig. 11.



die weniger empfehlenswerthe Anordnung nach Fig. 8 und 9 um deswillen in Verbindung mit der Anordnung nach Fig. 6 und 7 anzuwenden, weil dadurch eine bessere Verbindung der einzelnen Roste für die in verschiedener Richtung geführten Mauern zu einem fest zusammenhängenden Ganzen besser erreicht werden kann, als wenn bei allen Mauern eine und dieselbe Anordnung des Rostes stattfände.

Nehmen wir den Fall an, daß ein liegender Rost für Mauern anzuordnen sei, welche sowohl an den Hauptecken als auch an anderen Stellen mit anderen Mauern zusammentreffen; so verlangt es die Sicherheit, daß der liegende Rost, auf welchem die Mauern aufgeführt werden sollen, an den Stellen, wo die nach entgegengesetzter Richtung geführten Mauern zusammentreffen, eine fest zusammenhängende Unterlage bilde.

Dieser feste Zusammenhang wird erreicht, wenn nach Fig. 10 und 11, welche die Ansicht und den Grundriß eines liegenden Rostes derart darstellen, nach der einen Richtung der Mauern die Querschwellen *a* unmittelbar auf den Baugrund gelegt und durch darüber gestreckte Längeschwellen *b* unter sich verbunden werden; während bei dem Roste für die nach entgegengesetzter Richtung geführten Mauern die Längeschwellen *b* unmittelbar auf den Baugrund gelegt und durch darüber angebrachte Querschwellen *a* verbunden werden. Beim Zusammentreffen der nach entgegengesetzter Richtung angelegten Roste werden die nach der einen Richtung untergelegten Querschwellen nach der anderen Richtung verlängert fortgeführt und dadurch zu Längeschwellen umgewandelt. Wie die Unterlageschwellen nach einer und derselben Richtung gelegt werden, so werden auch die Deckbohlen parallel mit den Unterlageschwellen gelegt und durch Vernagelung mit den Deckschwellen verbunden, welche ihrerseits wieder mit den Unterlageschwellen überkämmt und durch eingetriebene Holznägel verbunden sind.

Mit Beibehaltung der in Fig. 10 und 11 dargestellten Anordnung der Schwellen kann auch, aus Rücksichten der Sparsamkeit, der Bohlenbeleg ähnlich wie in Fig. 8 und 9 zwischen den Deckschwellen angebracht und mit den Unterlageschwellen vernagelt werden; wodurch zugleich eine gleichmäßigere Vertheilung der Belastung auf die Unterlageschwellen und den Baugrund erreicht, unstreitig aber eine weniger wirksame Verbindung der Roste für die einzelnen Mauern zu einem Ganzen hergestellt wird.

Die Construction der in den Fig. 6 bis 11 dargestellten liegenden Roste kann als die zweckmäßigste betrachtet werden. Weniger empfehlenswerth ist die im Süden noch häufig zur Anwendung kommende Construction, welche von der besprochenen darin abweicht, daß man sowohl die Längeschwellen als auch die Querschwellen an den Ueberkreuzungen auf die Hälfte ihrer Höhe ausschneidet und bündig überblattet; die Rostfelder werden ausgestampft oder

ausgemauert und es wird sodann die obere Rostfläche mit 2 bis 3 Zoll starken Bohlen bedeckt.

In England und Frankreich werden sehr abweichende Constructionen in Ausführung gebracht. Belidor und Sganzin empfehlen, daß der Bohlenbeleg der Rostschwellen wegfalle, indem durch die Bohlendecke der Verband

Fig. 12.

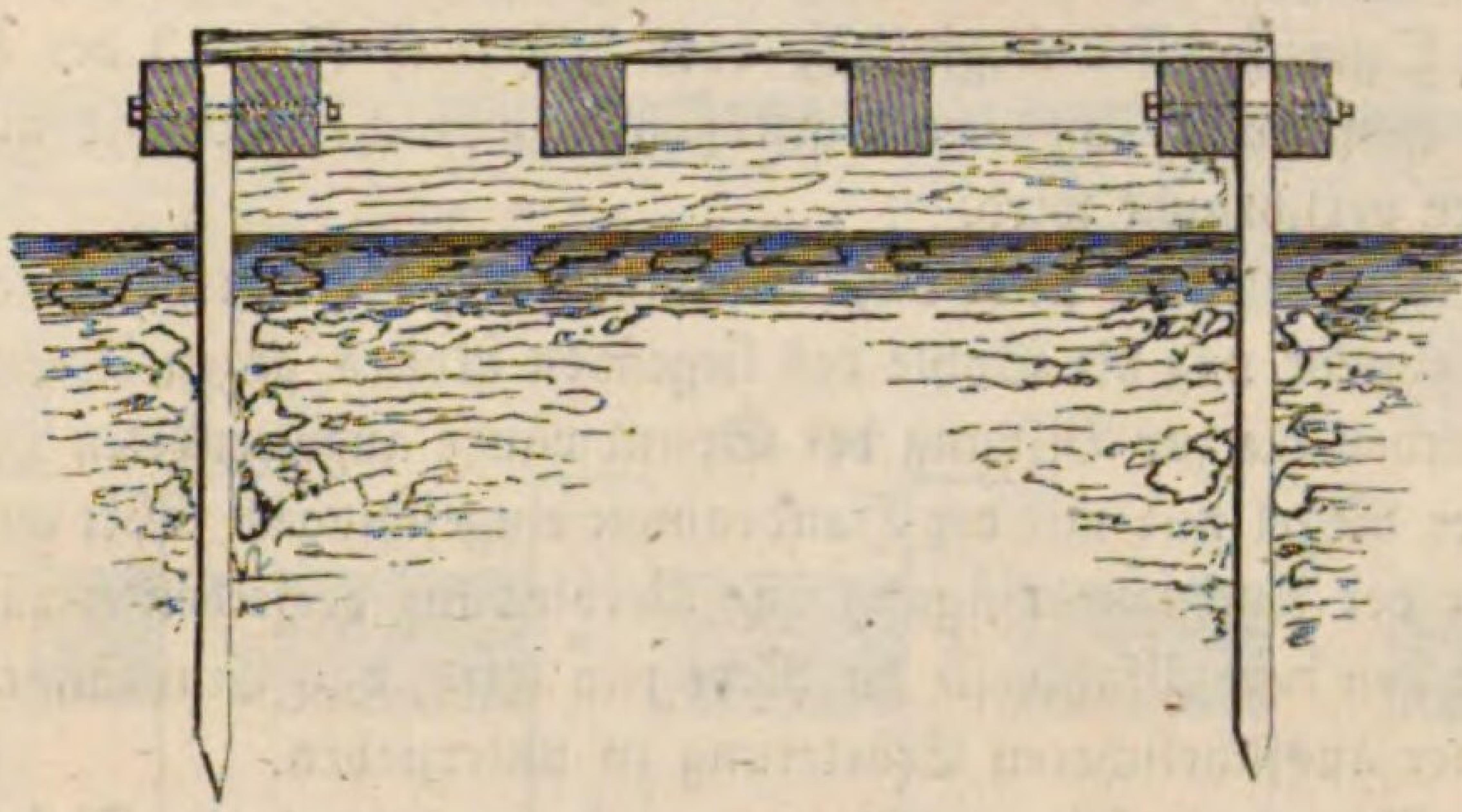
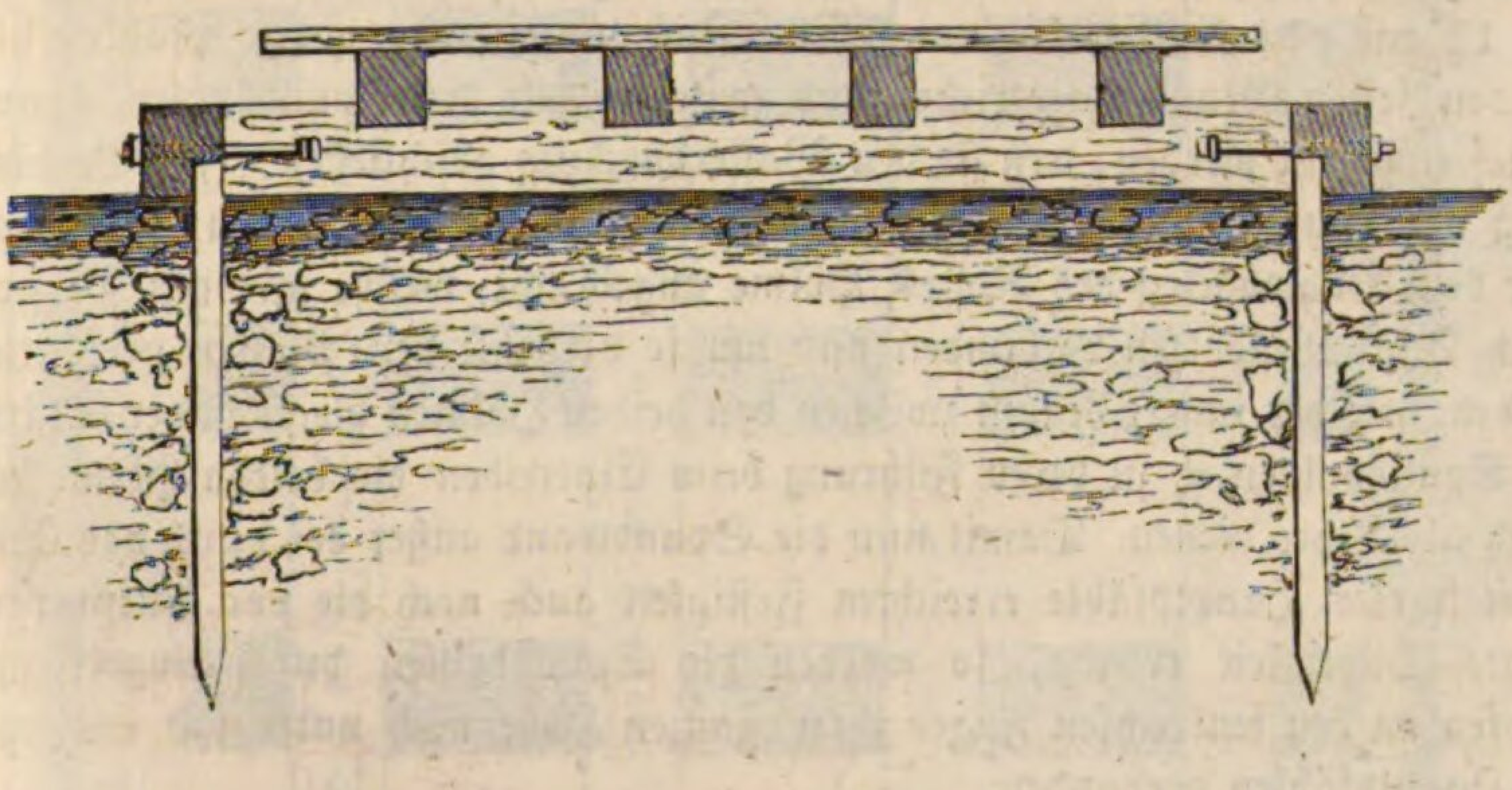


Fig. 13.



des Mauerwerks unterbrochen werde. Wir finden einestheils aus übertriebener Sparsamkeit die Längeschwellen ganz weggelassen und unmittelbar auf die Querschwellen eine Decke von starken Bohlen angebracht; anderntheils aber wieder eine nicht zu rechtfertigende Holzverschwendung, indem man die Quer- und Längeschwellen dicht nebeneinander legt.

Was die Stärke der Rostschwellen betrifft, so hat sich diese nach der Be-

lastung zu richten, welche die Rostfläche zu tragen bestimmt ist, und es werden in der Regel die Schwellen mit quadratem Querschnitte 8 bis 10 Zoll stark angenommen.

Ist der Boden, worauf der liegende Rost angelegt wird, einem so starken Wasserandrange ausgesetzt, daß ein Unterspülen der Rostschwellen zu befürchten steht; so tritt die Nothwendigkeit ein, den Rost gegen durchziehendes Wasser durch eine Spundwand zu sichern, welche entweder nach Fig. 12 so eingesetzt wird, daß sie unmittelbar an die äußeren Längeschwellen anschließt, so daß die Vorstöße der Querschwellen wegfallen, oder daß nach Fig. 13 der Holm der Spundwand unmittelbar an den Vorstößen angebracht und mit diesen verklammert oder verschraubt wird.

Da die Spundwände nicht dazu bestimmt sind, die Last des Mauerwerks zu tragen, vielmehr nur die Sohle des liegenden Rostes gegen Unterspülen zu sichern; so werden die zur Bildung der Spundwände angewendeten Pfähle oder Bohlen in der Regel nur mit der Handramme eingeschlagen. Wir werden deshalb hier nur der Aneinanderfügung und Verbindung derselben erwähnen, um später, wenn von dem Pfahlroste die Rede sein wird, das Einrammen im Allgemeinen einer ausführlicheren Erörterung zu unterziehen.

Ist der Baugrund sehr quellig und auf eine bedeutende Tiefe erweicht, so wird die Festigkeit der Spundwände am sichersten erreicht, wenn nach Fig. 14 und 15 auf eine Entfernung von 6 bis 8 Fuß von einander starke Pfähle *c* bis auf den festen Grund eingetrieben und zwischen diese die Spundbohlen *d* nur so tief eingesetzt werden, daß sie den Wasserdurchzug abschließen. Zur Verbindung der Hauptpfähle *c* untereinander werden auf beiden Seiten, und zwar über dem Bohlenbeleg des Rostes, Holme angebracht, welche mit den Pfosten durch Schraubenbolzen verbunden und um so viel mit den Pfosten verblattet werden, daß der innere Raum zwischen den beiden Holmen gleich ist der Stärke der Spundbohlen *d*, zu deren Führung beim Eintreiben die beiden Holme zugleich als Lehre dienen. Damit nun die Spundwand außer der durch das Einsetzen starker Hauptpfähle erreichten Festigkeit auch noch die vor Allem verlangte Dichtigkeit erhalte, so werden die Spundbohlen durch eingreifende Zapfen an den senkrechten Fugen ihrer ganzen Höhe nach unter sich und mit den Hauptpfählen verbunden.

Wie aus Fig. 15 zu ersehen, werden die Hauptpfähle in der Mitte der Rostfelder eingesetzt, wodurch es möglich wird, daß die eingetriebenen Spundbohlen sich unmittelbar an die Vorstöße der Querschwellen anschließen.

Haben wir bei diesem Beispiele angenommen, daß die Spundbohlen durch Zapfen und diesen entsprechende Nuthen ineinandergreifen, so kommen, je nach der Stärke der Bohlen und nach der Beschaffenheit des Holzes, woraus sie bestehen, als Mittel, die Spundwände fugendicht herzustellen, noch sehr verschieden

Fig. 14.

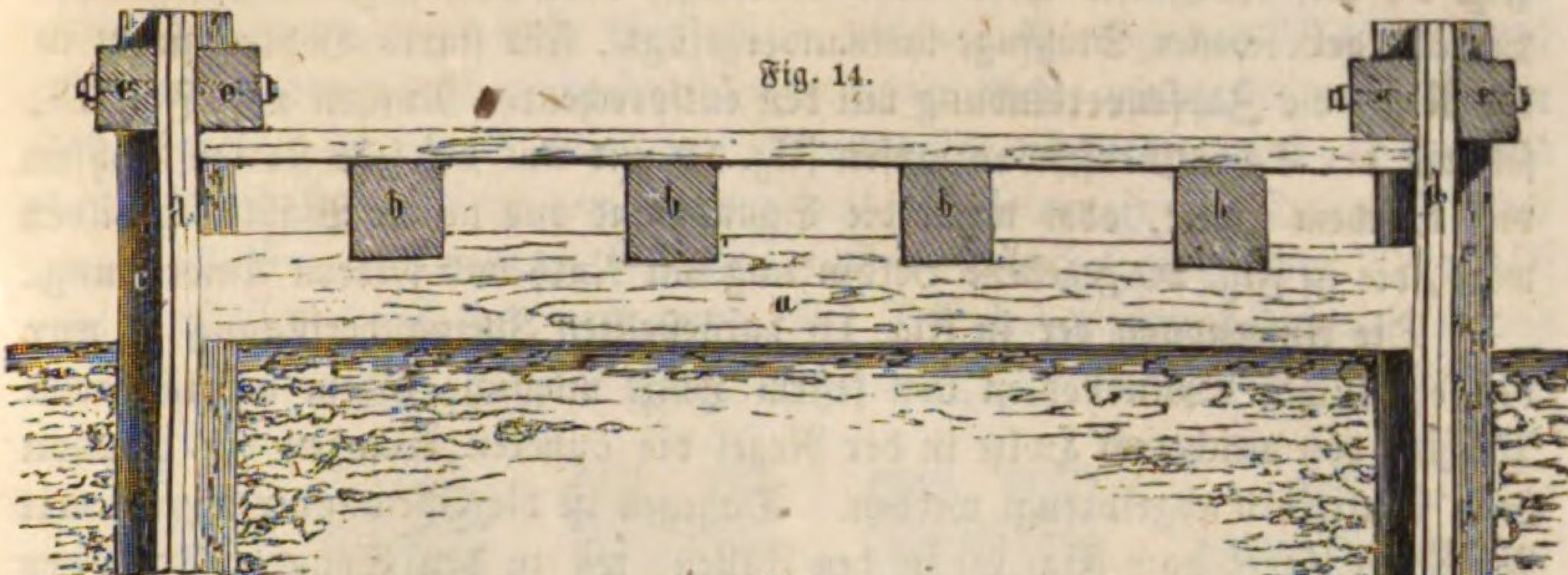
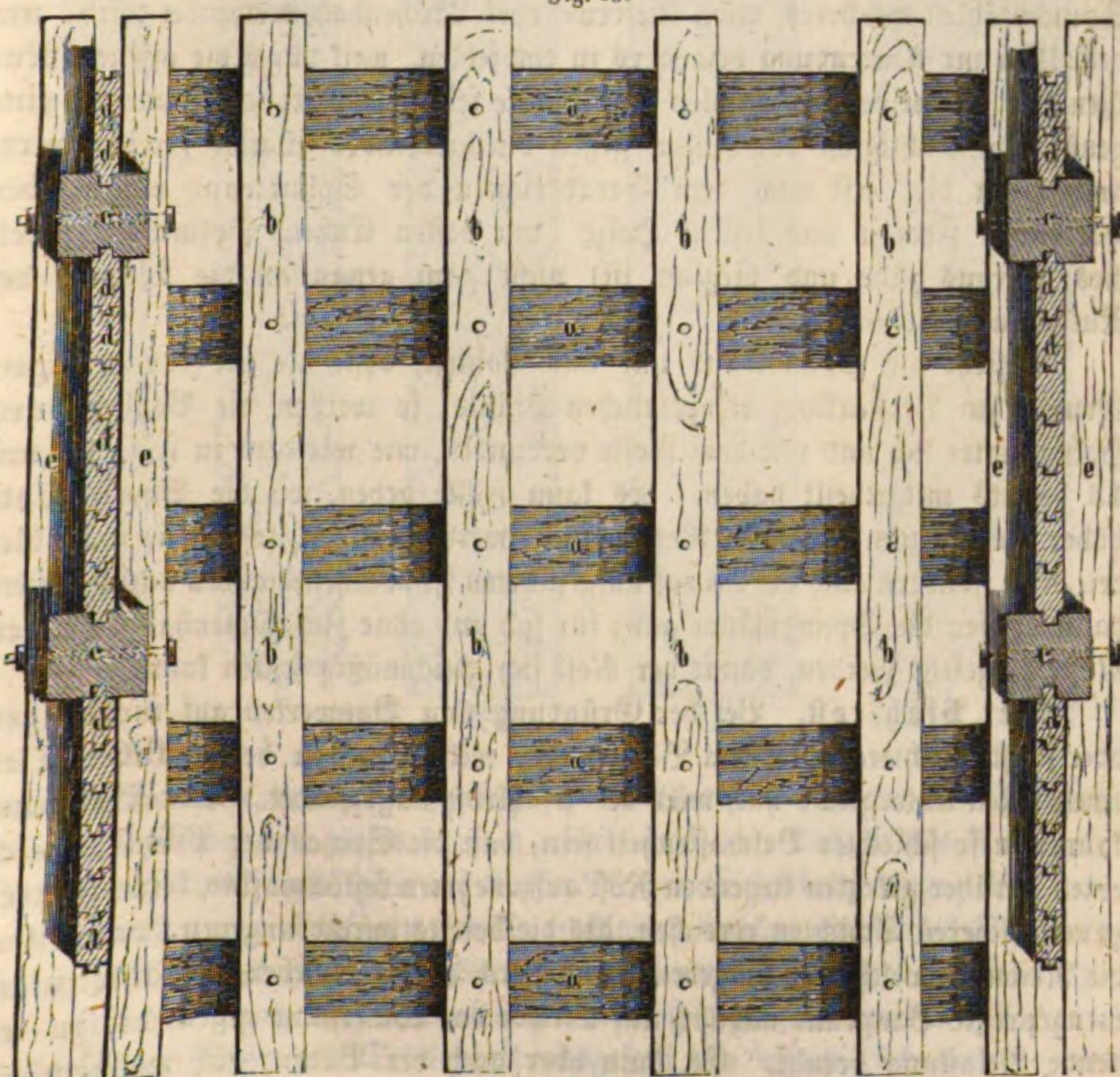


Fig. 15.



gestaltete Ineinanderfügungen vor, von denen wir die gebräuchlichsten in den Fig. 16 bis 20 im Querschnitte darstellen. Schwache Bohlen werden nach Fig. 16 auf die Hälfte ihrer Dicke überfalzt, oder nach Fig. 17 mit stumpfwinkelig gebrochener Stoßfuge ineinandergefügt. Für starke Bohlen findet in der Regel die Zapfenverbindung mit den entsprechenden Nuthen nach Fig. 18, seltener der Schwalbenschwanzzapfen Fig. 19 und nur bei sehr starken Bohlen von weichem Holze, oder wenn die Spundwand aus lauter Pfählen gebildet wird, die in Fig. 20 gegebene Verbindung mit Nuth und Federn Anwendung.

Die Anwendung der in Fig. 19 dargestellten Ineinanderfügung ist nur bei sehr kurzen Spundbohlen von festem Holze möglich, indem bei längeren Pfählen von weicherem Holze in der Regel die äußeren Wangen der Nuthen beim Eintreiben abgesprengt werden. Dagegen ist die Ineinanderfügung mit Nuth und Feder nach Fig. 20 in den Fällen, wo zu den Spundbohlen oder Spundpfählen weicheres, etwa Kiefern- oder Lärchenholz verwendet wird, um deswillen zur Anwendung besonders zu empfehlen, weil durch die offenen Nuthen das Eintreiben der Bohlen oder Pfähle sehr erleichtert und immerhin eine genügende Dichtigkeit der Fugen gegen durchziehendes Wasser erreicht wird, auch wenn die, erst nach dem Geraderichten der Spundwand eingetrieben werdenden Federn aus festem Holze (am besten Eichen-Splintholz, welches überaus zähe und biegsam ist) nicht ganz genau an die Wände der Nuthen anschließen.

Besteht die Spundwand nur aus Bohlen, ohne die bei sehr quelligem Grunde zur Verstärkung erforderlichen Pfähle, so werden die Bohlen durch Holme unter sich und mit dem Roste verbunden, wie wir dies in Fig. 12 und 13 bereits mitgetheilt haben. Es kann Fälle geben, wo die Spundwände höher als bis zum liegenden Roste geführt werden müssen, so daß sie nicht blos den Rost, sondern auch die darauf aufgeführten Fundamentmauern umschließen; dann müssen die Spundwände ganz für sich und ohne Zusammenhang mit dem Roste eingesetzt werden, damit der Rost sich gleichmäßig senken kann.

Der Pfahlrost. Bei der Gründung von Bauwerken auf morastigem oder sonst durchweg schlechtem Baugrunde, welcher erst in beträchtlicher Tiefe einen festen Untergrund hat, wird der Pfahlrost angewendet. Der Baugrund kann von so schlechter Beschaffenheit sein, daß die Spitzen der Pfähle, welche einen darüber gelegten liegenden Rost aufzunehmen bestimmt sind, keine festeren, zuverlässigeren Schichten erreichen, als die bereits durchdrungenen; dann ist es die Reibung, welche der umgebende und durch die eingetriebenen Pfähle zusammengepreßte Baugrund ausübt, auf welcher der Widerstand gegen die zu tragende Belastung beruht. Es kann aber auch der Boden, auf welchem das Gebäude unmittelbar errichtet werden soll, ein unsicherer sein; dabei ruht aber der schlechte Boden auf einer festen Erdschichte, die mit den Rost-

pfählen erreicht werden kann, und in diesem Falle wird die Last des Bauwerkes durch die Pfähle auf den festen Untergrund übertragen.

Bei der Bestimmung des Pfahlrostes, die ganze Last des Bauwerkes zu tragen, ist es durchaus nicht gleichgültig, welche Holzart zu den Pfählen sowohl als auch zu dem darüber angebrachten liegenden Roste verwendet wird. Kann der Pfahlrost für immer unter dem Grundwasser erhalten werden, so verdient das Eichenholz unbedingt den Vorzug, bezüglich seiner großen Dauer und der unter Wasser zunehmenden Festigkeit. Das Erlenholz steht dem Eichenholz unter Wasser an Dauer nach, und seine Festigkeit nimmt dabei nicht zu wie

Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.

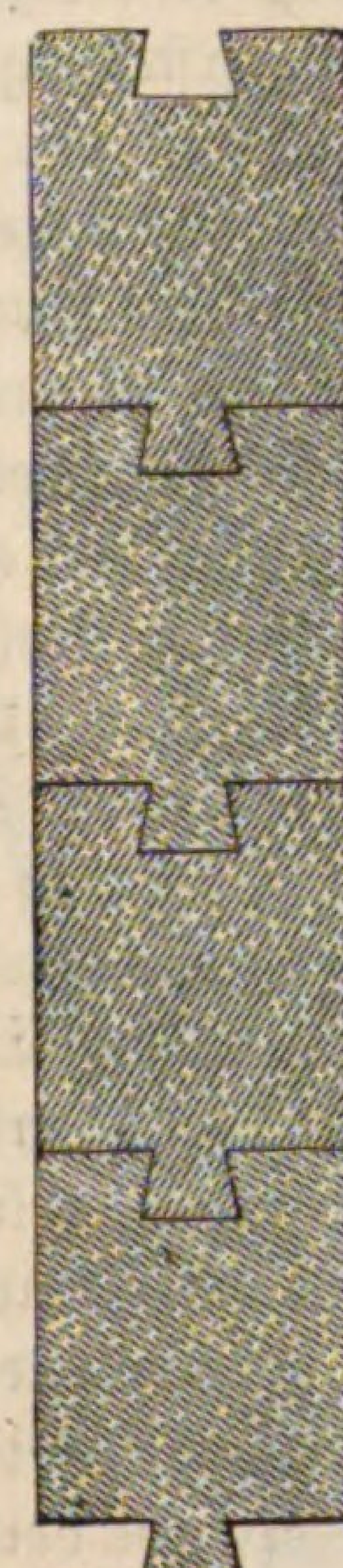
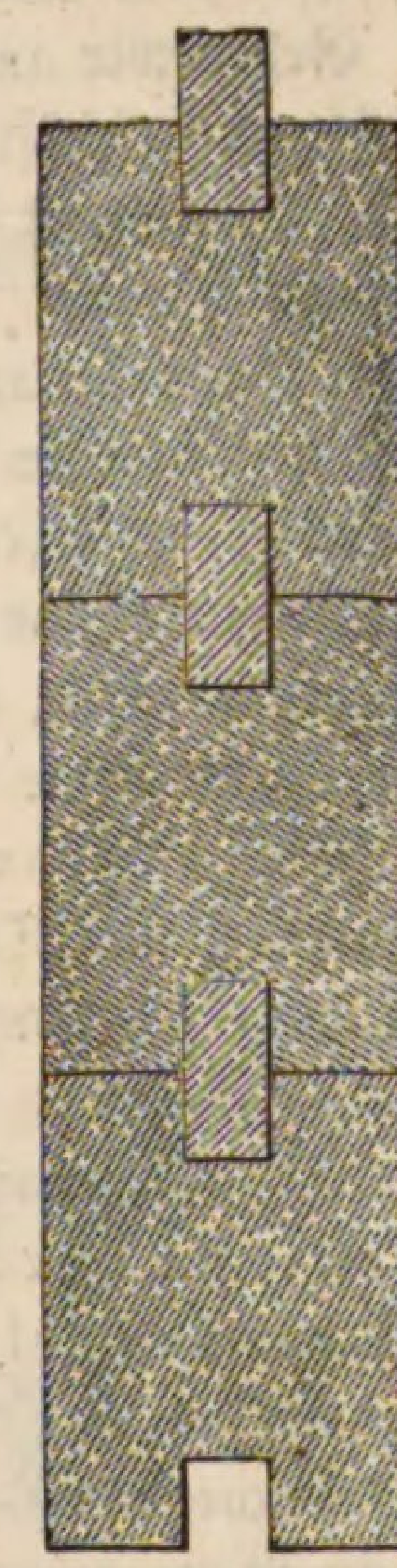


Fig. 20.



beim Eichenholze, welches letztere unter Umständen die Härte des Ebenholzes erlangt und auch wie dieses schwarz gefärbt erscheint; doch ist das Erlenholz in Bezug auf die Tragfähigkeit der Rostpfähle dem Eichenholze vorzuziehen, indem das Erlenholz den Schlägen des Rammklotzes, welcher ein starkes Fibriren der Holzfasern veranlaßt, in viel höherem Grade widersteht als das Eichenholz.

Ist der Baugrund, worauf mit Pfahlrost gegründet werden soll, der abwechselnden Nässe und Trockenheit ausgesetzt, so eignen sich die genannten Laubhölzer zur Herstellung des Pfahlrostes durchaus nicht in ihrem natürlichen Zustande, würden aber wohl unter solchen Umständen eine ähnliche Dauer

haben wie unter Wasser, wenn dem Entstehen der Fäulniß durch das Imprägniren des Holzes vorgebeugt würde. Von den Nadelhölzern eignen sich nur das Lärchen- und das Kiefernholz zu Pfahlrosten, und es widersteht besonders das erstere den nachtheiligen Einwirkungen, welche die Entstehung der Fäulniß veranlassen und die einmal durch dieselbe begonnene Zerstörung des Holzes rasch befördern, am längsten, so daß es hierin das Eichenholz bei weitem übertrifft.

Würde das Lärchen- oder Kiefernholz vor seiner Verwendung nach der in dem vorigen Abschnitte behandelten Methode nach einander mit Lösungen von Schwefelbarium und Eisenvitriol getränkt, so würden diese Hölzer, welche durchschnittlich doppelt so viel Lauge aufzunehmen im Stande sind als Eichenholz, sicher dem Eichenholze bei der Herstellung von Pfahlrosten vorzuziehen sein.

Gehen wir auf die Herstellung der Pfahlroste über, so werden wir uns zunächst zu beschäftigen haben mit dem Feststellen und Eintreiben der Rostpfähle, wozu man sich beinahe allgemein einer Vorrichtung bedient, welche die Ramme genannt wird. Das Eintreiben des Pfahles wird dadurch bewirkt, daß der Hauptbestandtheil der Ramme, der Rammklotz oder Bär, welcher über dem Pfahl in der Richtung des zu bewirkenden Schlages abwechselnd gehoben wird, nach jedem Heben frei auf den Kopf des Pfahles zurückfällt.

Geschieht das Heben des Klotzes aus freier Hand, so besteht die ganze Vorrichtung einzig aus dem Rammklotze, welcher mit Handhaben versehen ist, und heißt dann die Handramme.

Die Zugramme nennt man die Vorrichtung, bei welcher der Rammklotz an ein Seil oder Tau aufgehängt wird, welches über eine Rolle eines hohen Gerüstes geführt und am unteren Ende mit Zugleinen versehen ist, an denen die zum Heben des Rammklotzes erforderlichen Arbeiter stoßweise ziehen und dadurch den Rammklotz auf eine beliebige Höhe heben.

Die Kunstramme unterscheidet sich von der Zugramme darin, daß, um den Rammklotz auf eine größere und jedesmal bestimmte Höhe zu heben, das Tau, welches über die Rolle geführt ist, über eine stehende oder liegende Welle geht, welche durch ein Getriebe oder irgend eine andere mechanische Vorrichtung in Bewegung gesetzt werden kann, und daß außerdem eine Vorrichtung angebracht ist, welche das Herabfallen des Rammklotzes bewirkt, sobald er die vorgesetzte Höhe des Hubes erreicht hat.

Wird der Rammklotz mit dem Kolben eines Dampfcylinders in Verbindung gesetzt und so durch Dampfkraft gehoben, so wird die Ramme eine Dampframme genannt.

Wir werden in dem Nachfolgenden näher betrachten:

a) die Handramme;

b) die Zugramme;

c) die Kunstramme, und am Schlusse unserer Betrachtung nur info-

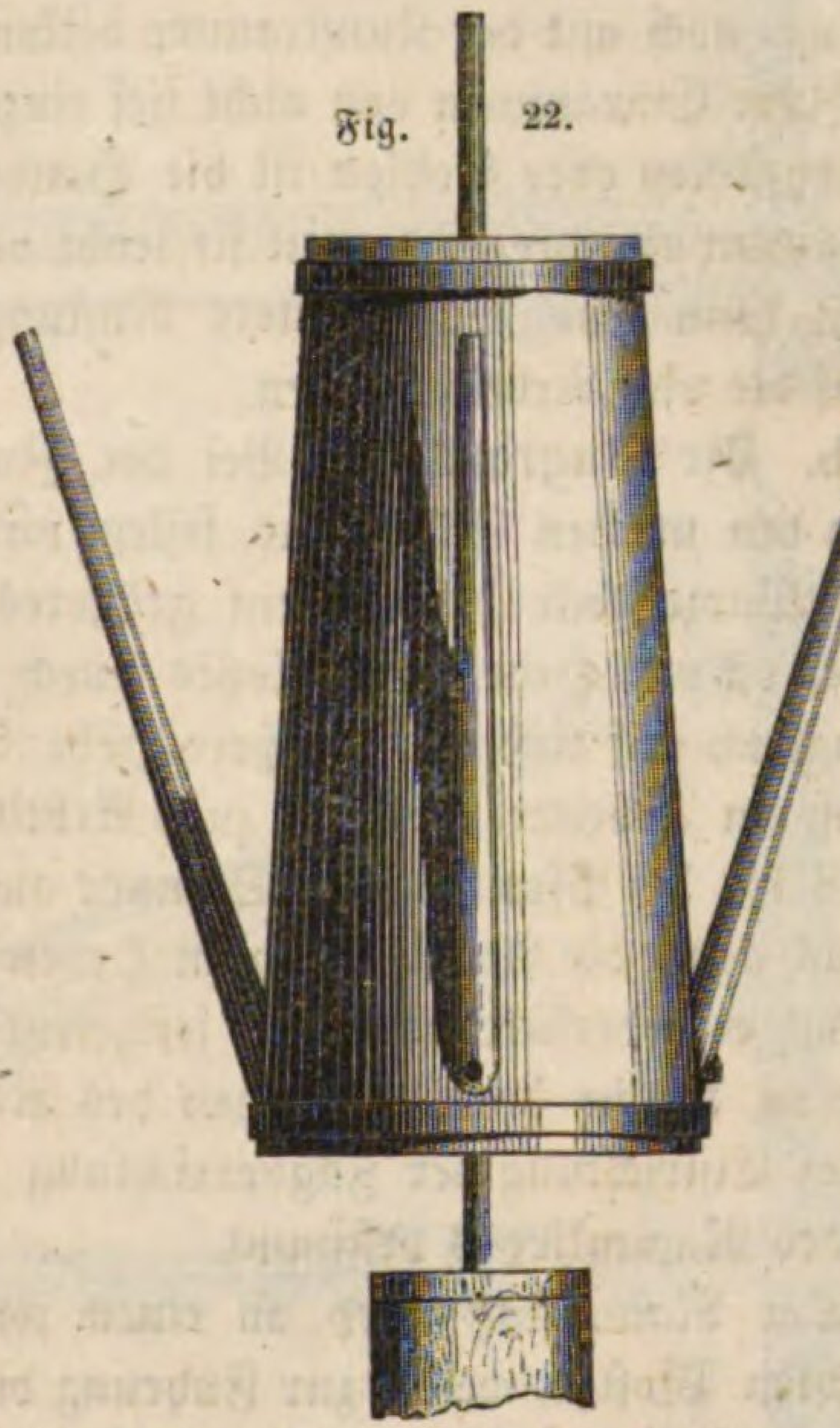
weit auf die Beschreibung der **Dampframme** eingehen, als dies Bezug hat auf die Wirkung dieser Maschine, deren Construction nicht in das Gebiet des Zimmermanns einschlägt.

a. **Die Handramme** besteht aus einem Klotze von festem Eichenholz, in der Form einer achteckigen abgestumpften Pyramide oder eines abgestumpften Kegels bearbeitet, und mit vier Armen oder Bügeln versehen. Um das Aufspringen des Klotzes zu verhindern, ist er am unteren, breiteren Ende mit einem Eisenringe beschlagen. Die um den einzurammenden Pfahl stehenden vier Arbeiter fassen die Arme oder Bügel und heben damit den in Fig. 21 dargestellten Rammklotz auf Brusthöhe 3 bis $3\frac{1}{2}$ Fuß. Die Wirkung der Handramme kann nicht unbedeutend vergrößert werden dadurch, daß nach Fig. 22 in die Mittellinie des einzurammenden Pfahles eine Stange von Rundstabeisen angebracht wird, an welcher der nach seiner Axe durchbohrte Rammklotz — den die Arbeiter ohne merkliche Anstrengung höher heben können, als ihnen dies aus freier Hand möglich ist — herabgleitet.

Fig. 21.



Fig. 22.



Zur weiteren Erleichterung des Gebrauchs der Handramme wird, wenn es die Oertlichkeit gestattet, das Gerüste, auf welches die Arbeiter zu stehen kommen, auf den einzurammenden Pfahl gestützt. Durch das Gewicht der Arbeiter wird der Druck auf den Pfahl vermehrt und es bleiben bei der Arbeit des

Rammens die Arbeiter, da sich das Gerüste in demselben Verhältnisse senkt, als der Pfahl tiefer eindringt, immer in der gleichen Höhe gegen den Kopf des Pfahles.

Da die Wirkung einer jeden Ramme von dem Gewichte des Klotzes und von der Fallhöhe desselben abhängt und ausgedrückt wird durch das Produkt $\frac{Qh}{Q+q}$, worin Q das Gewicht der Ramme, q das Gewicht des einzurammenden Pfahls und h die Fallhöhe bezeichnen; so kann die Handramme, da ein Arbeiter nur 25 bis höchstens 30 Pfund frei heben kann, sonach der Rammklotz kein größeres Gewicht als 100 bis 120 Pfund haben darf, nur bei kleineren Gründungen im engen Raume Anwendung finden, wo man weder mit der Zug- noch mit der Kunstramme beikommen kann.

Zum Einrammen von nicht tief einzutreibenden Gerüst-, Fangdamm- und Spundpfählen oder Bohlen ist die Handramme besonders um deswillen sehr zur Anwendung geeignet, weil sie leicht von einem Ort zum anderen gebracht werden kann und keine weitere Rüstung erfordert als das leichte Gerüst, worauf die vier Arbeiter stehen.

b. **Die Zugramme.** Bei der Zugramme kann der Rammklotz, welcher in den meisten Fällen aus festem und maserigem Eichenholze, etwa aus einem Wurzelstocke besteht, ein größeres Gewicht haben als bei der Handramme, da das Heben des Klotzes durch eine größere Anzahl von Arbeitern und zugleich auf eine viel größere Höhe bewirkt werden kann. Man nimmt an, daß ein Arbeiter, den Tag zu 8 Arbeitsstunden angenommen, ein Gewicht von 28 bis 30 Pfund in der Secunde auf eine Höhe von 5 Fuß heben kann. Hiernach wird die Anzahl der zum Heben eines Rammklotzes von bestimmtem Gewichte erforderlichen Arbeiter festgesetzt; oder es wird nach der Anzahl von Arbeitern, welche beim Aufziehen des Rammklotzes, je nach der Oertlichkeit oder der Einrichtung der Zugvorrichtung aufgestellt werden können, das Gewicht des Rammklotzes bestimmt.

Der Rammklotz wird an einem senkrechten Pfosten oder zwischen zwei senkrechten Pfosten, welche zur Führung dienen, mittels eines daran befestigten und über Rollen, welche am oberen Ende der Pfosten (Streichpfosten, Streichbalken, Läuferbalken) angebracht sind, geführten Seiles gehoben. Das von dem Rammklotze über die Rollen geführte Seil geht auf der anderen Seite nicht ganz bis auf den Boden und hat an seinem Ende einen geflochtenen Ring, an welchem so viel einzelne Zugstränge mit Handgriffen befestigt sind, als Arbeiter zum Aufziehen des Klotzes aufgestellt werden sollen. Die in einem Kreise um den Ring des Hauptseiles aufgestellten Arbeiter biegen sich beim Anziehen der Zugstränge zurück und geben, sich gegen den Boden vorwärts neigend und gleichzeitig rückwärts ziehend, dem Seile einen starken Schwung; so daß dadurch das Gewicht höher gehoben wird, als die Entfernung beträgt,

Fig. 24.

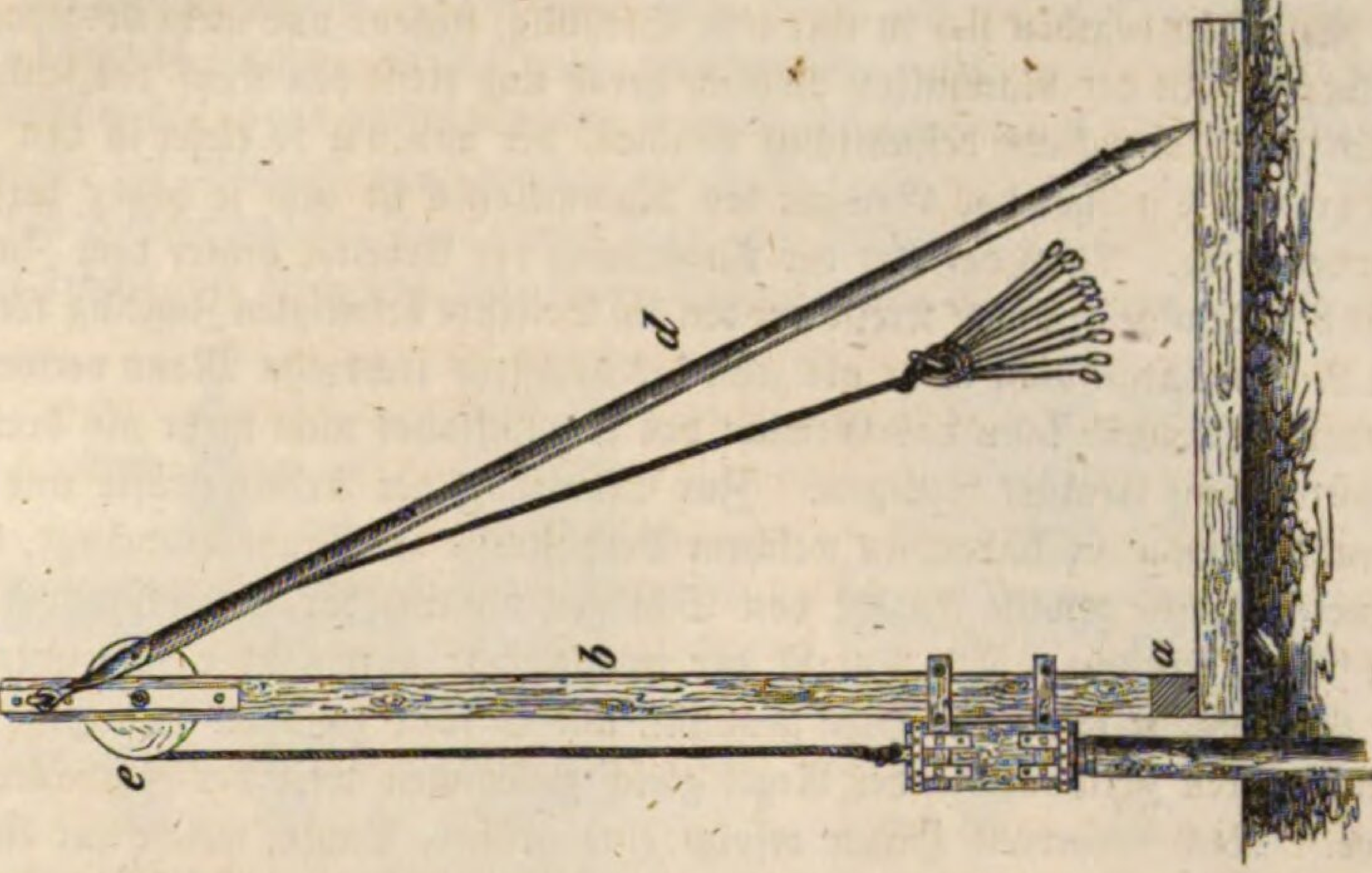
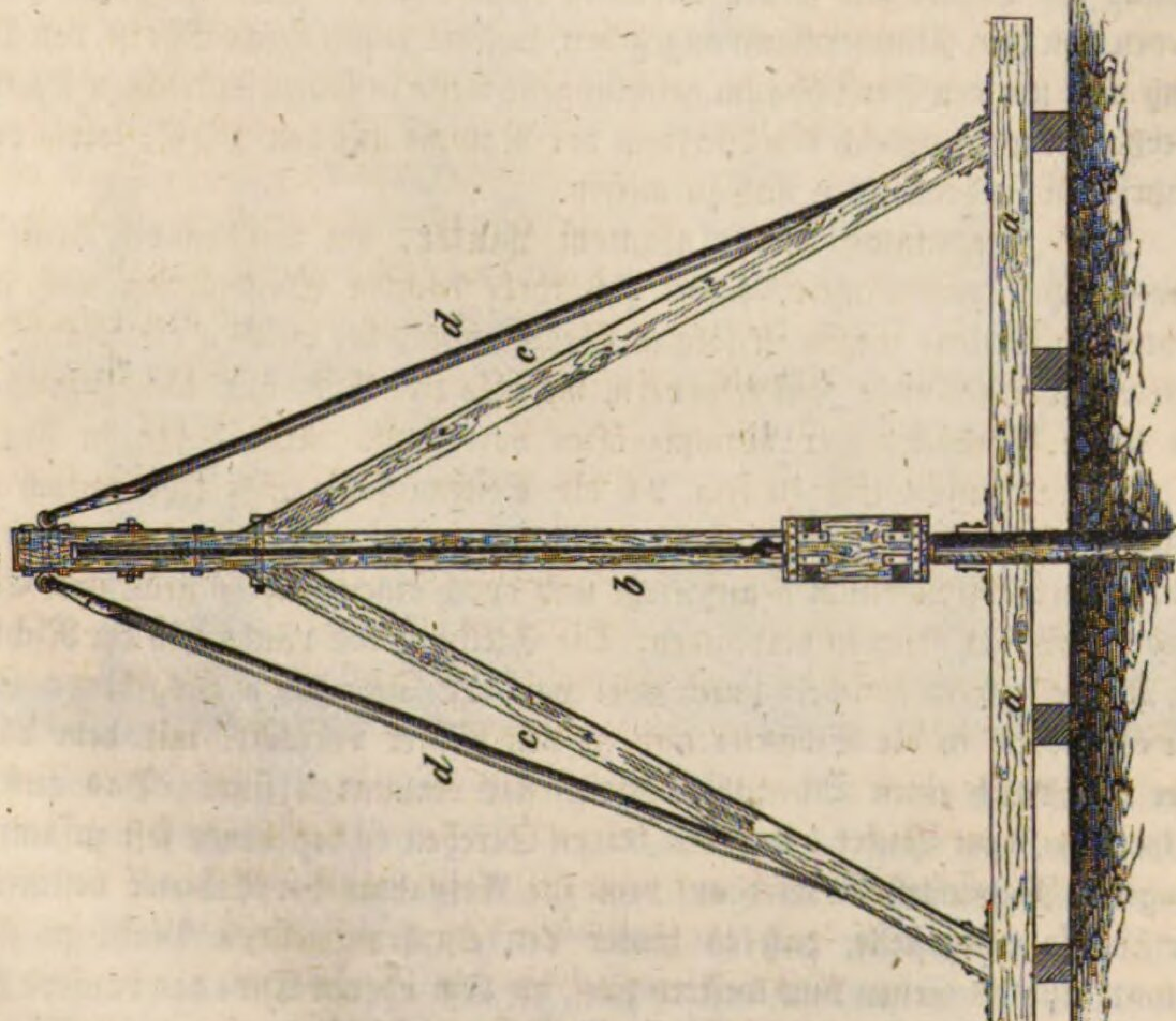


Fig. 23.



um welche die Ziehenden sich zurückbiegen. Ist der straffe Anzug geschehen und die Ziehenden begeben sich in ihre erste Stellung, stehend und mehr vorgebogen, zurück; so fällt der Rammklotz plötzlich herab und trifft den Kopf des senkrecht unter dem Rammklotze befindlichen Pfahles, der nun um so tiefer in den Boden dringt, je größer das Gewicht des Rammklotzes ist und je höher derselbe gehoben wird. Nach der Art der Aufstellung der Arbeiter hinter dem Zuggerüste der Ramme in einem Kreise um den am Seilende befestigten Zugring können mit Nutzen daran nicht mehr als zehn bis höchstens sechszehn Mann verwendet werden. Hiernach kann das Gewicht des Rammklotzes nicht mehr als drei bis höchstens fünf Centner betragen. Zur Erhaltung der Arbeiterkräfte und um einen Maaßstab zu haben, in welchem Verhältnisse der Pfahl eindringt, wird immer nur eine gewisse Anzahl von Schlägen unmittelbar hintereinander auf den Pfahl gebracht. Die Anzahl der unmittelbar aufeinander folgenden 30 bis 60 Schläge wird eine Hitze genannt, und es fällt zwischen jede Hitze eine Pause, deren Zeitdauer in der Regel gleich genommen wird der Zeitdauer der Hitze. Nach mehreren Hitzen erfolgt eine größere Pause, welche zur Untersuchung des Pfahls und seiner Stellung benutzt wird. Diese größeren Pausen werden von dem Zimmermann angegeben, welcher damit beschäftigt ist, den Pfahl durch eine um den Streichbaum geschlungene Kette in seiner senkrechten Stellung zu erhalten und zugleich die Wirkung der Ramme auf den Pfahl, sowie dessen Eindringen zu beobachten und zu messen.

Die Zugramme mit einfachem Läufer, um welchen die Arme des Rammklotzes herumfassen, eignet sich ihrer leichten Construction und ihres leichten Aufstellens wegen zu solchen Gründungen, bei welchen die Pfähle zum Eintreiben keine lange Zeit erfordern, wo also das Auf- und Abschlagen, oder das bloße Vorrücken der Ramme öfter vorkommt. Wir geben in Fig. 23 die vordere Ansicht und in Fig. 24 die Seitenansicht einer sehr einfach construirten Zugramme mit einfachem Läufer. Auf einer Schwelle *a* ist der Läufer oder Streichbaum *b* aufgesetzt und durch einen Zapfen nebst zwei Eisenbändern mit der ersteren verbunden. Die Stellung des Läufers in der Richtung der Schwelle wird gesichert durch zwei von der Schwelle *a* ausgehende Streben *cc*, welche in die Schwelle und in den Läufer verzapft, mit dem Läufer aber noch durch einen Schraubenbolzen fester verbunden sind. Das aus der Schwelle *a*, dem Läufer *b* und den beiden Streben *cc* bestehende fest zusammenhängende Rammgestelle wird auf dem zur Aufnahme der Arbeiter bestimmten Gerüste so aufgestellt, daß es hinter den einzurammenden Pfahl zu stehen kommt; und es dienen nun weitere zwei, an dem oberen Ende des Läufers durch Schrauben befestigte und oben mit Kurbeln versehene, unten mit Eisen beschlagene Stangen *dd*, sogenannte Spreizstangen dazu, dem Rammgerüste eine senkrechte, sowie jede andere Richtung gegen die Horizontalebene zu geben und

durch Einsetzen der Spitzen in die Schwellen des Gerüstes oder in den Bohlenbeleg desselben zu sichern. Die Rolle *e*, über welche das zum Heben des Rammklotzes dienende Zugseil geführt wird, befindet sich in einem der Dicke und dem Durchmesser der Rolle entsprechenden Schlitze des Läufers, welcher sowohl zur Aufnahme des Bolzens, über welchen die Rolle läuft, als auch zur Verhinderung des Ausreißens von dem oberen Ende des Läufers beiderseits starke Eisenbänder erhält, die oben und unten vermittelst eiserner Reifen unter sich und mit

Fig. 25.

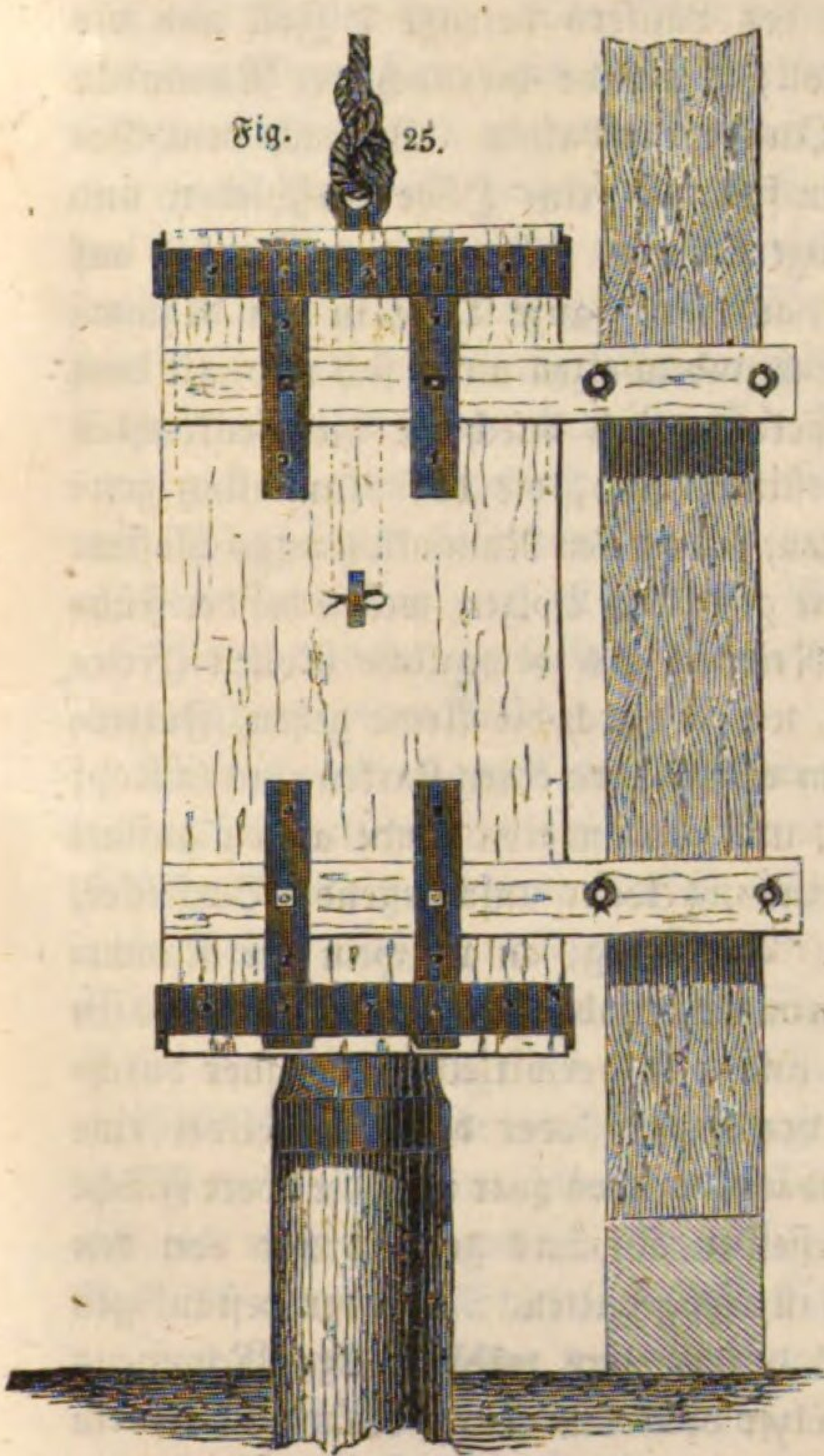
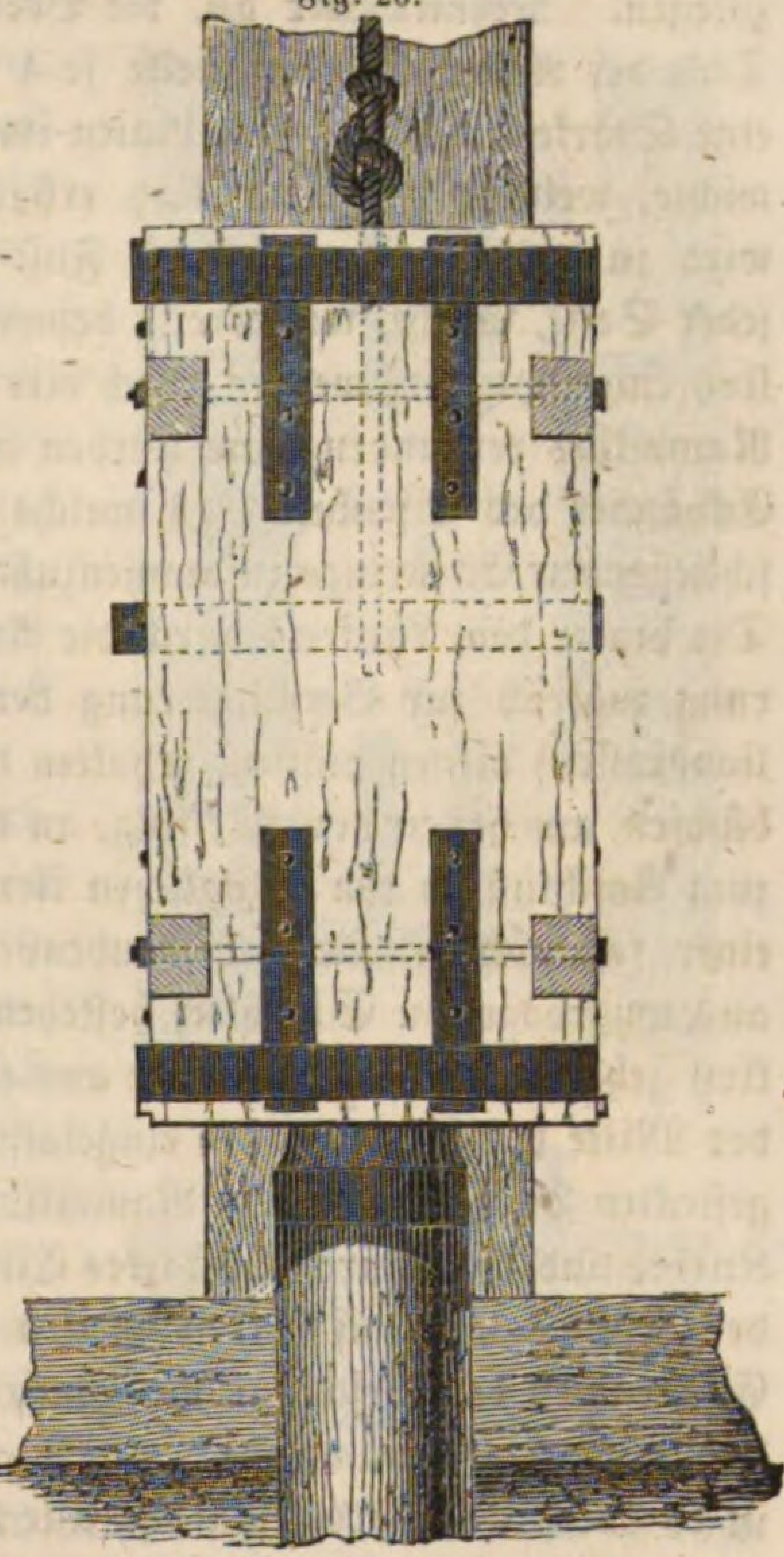


Fig. 26.



dem Läufer verbunden sind. Der Rammklotz befindet sich vor dem Läufer und wird mit dem Ersteren durch vier Arme verbunden, von denen zwei auf jeder Seite in den Rammklotz eingelassen sind, und welche Arme auf der dem Läufer zugewandten Rückseite soweit über dem Läufer vorstehen, daß hinter dem Läufer zwei Bolzen durchgesteckt werden können, welche zum Anschluß des Rammklotzes an den Läufer, sowohl beim Heben, als Niederfallen desselben, dienen.

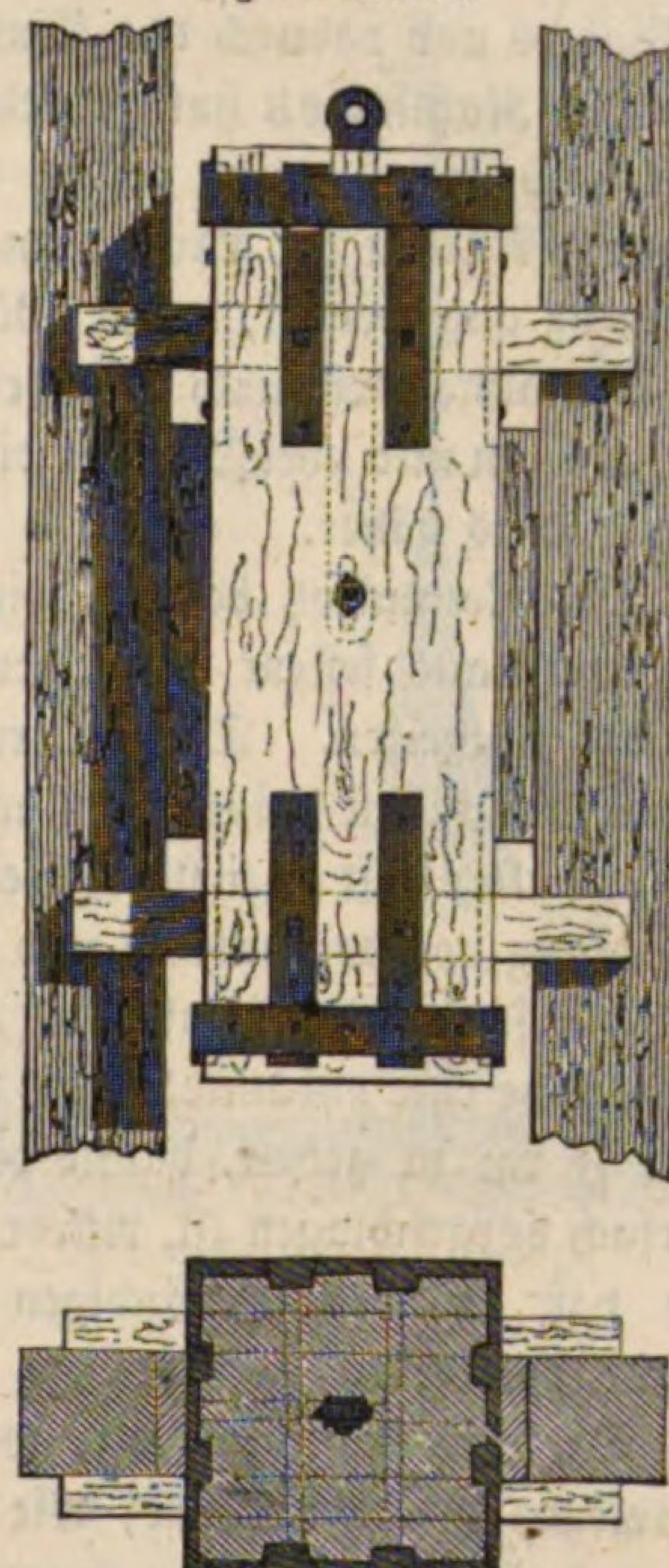
Genügt wohl die Darstellung in den Figg. 23 und 24, die vorbeschriebene Construction dieser einfachen Zugramme hinlänglich zu erklären, so fügen

wir der nachfolgenden kurzen Beschreibung des Rammklotzes in Fig. 25 die Seitenansicht und in Fig. 26 die vordere Ansicht desselben in größerem Maaße bei. Der Rammklotz, bei dieser Ramme auch der Rammbär oder die Katze genannt, hat einen quadraten Querschnitt von solchen Dimensionen, daß die auf beiden Seiten nach ihrer ganzen Dicke in den Rammklotz eingelassenen Arme soweit von einander zu stehen kommen, um sich, mit Freilassung eines Zwischenraumes von etwa einer Linie, an die Seitenflächen des Läufers *b* anzulegen. Nehmen wir an, die Breite des Läufers betrage 7 Zoll und die Dicke der Arme auf jeder Seite je 4 Zoll; so würde hiernach der Rammbär eine Stärke von 15 Zoll 2 Linien im Quadrat erhalten. Je nach dem Gewichte, welches der Rammklotz erhalten soll, ist seine Höhe verschieden und wird in der Regel zu 3 bis 4 Fuß angenommen. Die Arme (Tatzen) auf jeder Seite, welche, wie bereits bemerkt, auf ihre ganze Dicke in den Rammklotz eingesetzt sind, werden durch vier Schraubenbolzen unter sich und mit dem Rammklotz verbunden, und werden außerdem noch durch die vier senkrechten Eckbänder des Eisenbeschlags, welche bestimmt sind, die den Rammklotz umschließenden Eisenringe zusammenzuhalten, fest an den Rammklotz angeschlossen. Die hinter dem Läufer *b* durch die Arme gesteckten Bolzen, welche bei der Führung zugleich zur Verminderung der Reibung als bewegliche Rollen (Frictionsrollen) dienen müssen, erhalten da, wo sie durch die Arme gehen, Futterbüchsen, am besten von Messing, an dem einen Ende einen starken runden Kopf zum Anschluß an den bezüglichen Arm, und am anderen Ende außen anstatt einer festanschließenden Schraubenverbindung locker anschließende Vorstecker, aus umgebogenem Eisenblech bestehend. Der Ring, an welchem der Rammklotz gehoben wird, ist entweder aus einem Eisenstabe geschmiedet, abwärts in der Mitte des Rammklotzes eingelassen und wird vermittelst eines quer durchgesteckten Bolzens mit dem Rammklotz verbunden; oder der Ring bildet eine Kurbel und wird durch ein starkes Eisenband, welches quer über die obere Fläche des Klotzes und auf beiden Seiten desselben abwärts geführt und von den Eisenringen des Beschlags umschlossen ist, festgehalten. Bei der beständigen Fibration des Rammklotzes sowohl als des Läufers während des Rammens ist es durchaus erforderlich, daß alle Hölzer vollkommen lufttrocken und keinem Eintrocknen mehr unterworfen sind, und daß, mit Ausnahme der hinter den Armen durchgesteckten Bolzen, welche als Frictionsrollen locker und leicht laufen müssen, alle Beschlägtheile fest und genau anschließen und so construirt sind, daß sie durch die Erschütterungen beim Rammen nicht aufgelockert werden. Das Rammgerüste wird, wie aus den Figg. 25 und 26 zu ersehen ist, hinter dem einzurammenden Pfahl so aufgestellt, daß die Mitte des Rammklotzes genau die Mitte des Kopfes von dem Pfahle trifft. Zur Führung des Pfahls dient eine um den Pfahl und den Läufer geschlungene Kette,

deren Anziehen und Loslassen der mit der Aufsicht über das Rammen beauftragte Zimmermann zu besorgen hat.

Erhält die Zugramme zwei Läufer und einen schweren und dem entsprechend einen hohen Rammklotz von Holz, zu dessen Anschluß an den Läufer acht Arme angebracht werden; so erhält alsdann die Ramme den Namen Scheer-Ramme und der Rammklotz wird die Scheere genannt. Die Fig. 27 stellt die Ansicht und die Fig. 28 den Grundriß eines solchen Rammklotzes mit acht Armen dar. Die Arme bestehen, wie der Rammklotz, aus Holz, am besten Weißbuchenholz, und es werden deren je zwei aus einem Holzstücke hergestellt, welches in den Rammklotz eingelassen und mit diesem, sowie dem gegenüber in gleicher Höhe befindlichen anderen Armpaare, vermittelst Schraubenbolzen verbunden ist. Die Führung des Rammklotzes ist überaus sicher, und ist außerdem besonders dazu geeignet, um den Rammklotz auch in geneigter Ebene auf Pfähle wirken zu lassen, welche schief eingetrieben werden sollen.

Fig. 27. und 28.



Eine Zugramme mit zwei Läufern nach der in Süddeutschland üblichen Construction ist Fig. 29 in der vorderen Ansicht, Fig. 30 in der Seitenansicht, und Fig. 31 im Grundrisse dargestellt. Das Rammgerüste Fig. 31 ist der Art zusammengesetzt, daß die Läufer, oberhalb der Zugrolle durch eine Zange unter sich verbunden, sowohl nach den Seiten, als auch rückwärts von den Schwellen des Gerüstes aus, durch Streben gestützt und in der senkrechten Stellung erhalten werden. Ein Schiefstellen ist bei dieser Ramme nur dann möglich, wenn das Gerüste nicht horizontal, sondern in einer der Neigung der Läufer entsprechenden und senkrecht gegen dieselben gerichteten schiefen Ebene aufgeschlagen wird. Die Zugrolle oder Rammscheibe befindet sich oben zwischen den Läufern, hat aber ihre Zapfenlager auf den beiden Streben, welche von den Läufern rückwärts angebracht sind, und auf zwei zur Verbindung der Streben mit den Läufern dienenden Zangen. Die eine der von den Läufern rückwärts gehenden Streben ist mit Sprossen versehen, damit vermittelst dieser Sprossen ein Arbeiter hinaufgelangen, die Rolle schmieren und das Seil oder Tau auf die Scheibe bringen,

sowie überhaupt alle Vorrichtungen, welche seine Anwesenheit bei der Rolle nöthig machen, besorgen kann.

Das an dem Rammklotze befestigte Zugseil wird über die Rolle nach dem Raume über dem Gerüste, der sogenannten Rammstube geführt. Hier sind die Arbeiter auf einem Bretterboden des Gerüstes aufgestellt und ziehen vermittelst der von dem Zugringe ausgehenden Zugleinen das Ende des Rammtaues auf die schon früher angegebene Art stoßweise in die Höhe und bewirken, indem sie plötzlich loslassen, das Herabfallen des Rammklotzes auf den Kopf des Pfahles und dadurch das Eintreiben desselben.

Der Rammklotz hat entweder 8 Scheerarme nach Fig. 27 und 28, oder er hat nach Fig. 32 auf beiden Seiten vortretende Rippen, welche in entsprechende Nuthen der Läufer eingreifen. Die letztere Führung wird insbesondere da angewendet, wo der Rammklotz aus Gußeisen besteht.

Betrachten wir nach Mittheilung einer Zugramme mit einem Läufer und einer anderen mit zwei Läufern die wesentlichen Bestandtheile einer jeden Zugramme etwas näher.

Der Rammklotz besteht, wie bereits erwähnt, bei einem Gewichte bis zu 4 Centnern aus festem maserigem Eichenholz; bei einem größeren Gewichte aber aus Gußeisen. Der hölzerne Rammklotz ist der sicheren Führung wegen am zweckmäßigsten prismatisch mit quadratischem Querschnitt und wird gegen ein Zerspalten mit zwei starken eisernen Ringen versehen, welche in geringer Entfernung von der unteren und oberen Fläche angebracht und am zweckmäßigsten durch senkrechte Eisenbänder unter sich verbunden werden. Dem hölzernen Rammklotze eine pyramidalische, mit der größeren Grundfläche nach unten gekehrte Form zu geben, damit die darum gelegten Eisenbänder ansitzen, wie mehrfach vorgeschlagen ist, würde die Führung desselben sehr unsicher machen, ohne daß bei dem beständigen Fibriren des Holzes der vorgesetzte Zweck erreicht würde.

Der eiserne Rammklotz, welcher beinahe allgemein eine Führung ohne vortretende Arme hat, ist, wie wir dies auch für den hölzernen Rammklotz am zweckmäßigsten erachten, immer genau prismatisch, und hat entweder einen quadratischen Querschnitt mit gebrochenen Ecken, oder er hat einen sechseckigen Querschnitt.

Die Befestigung der bei dem hölzernen Rammklotze ebenfalls aus Holz bestehenden Arme findet sich zuweilen durch Verzapfung oder durch eine schwalbenschwanzförmige Ueberblattung hergestellt. Diese Art der Befestigung ist durchaus ungeeignet, den Erschütterungen des Rammklotzes beim Rammen zu widerstehen und muß als fehlerhaft bezeichnet werden. Es ist unter allen Umständen am zweckmäßigsten, die Arme mit ihrer vollen Dicke in den Rammklotz einzulassen und dieselben durch einen eisernen Bolzen in der Mitte, sowie durch

Fig. 29.

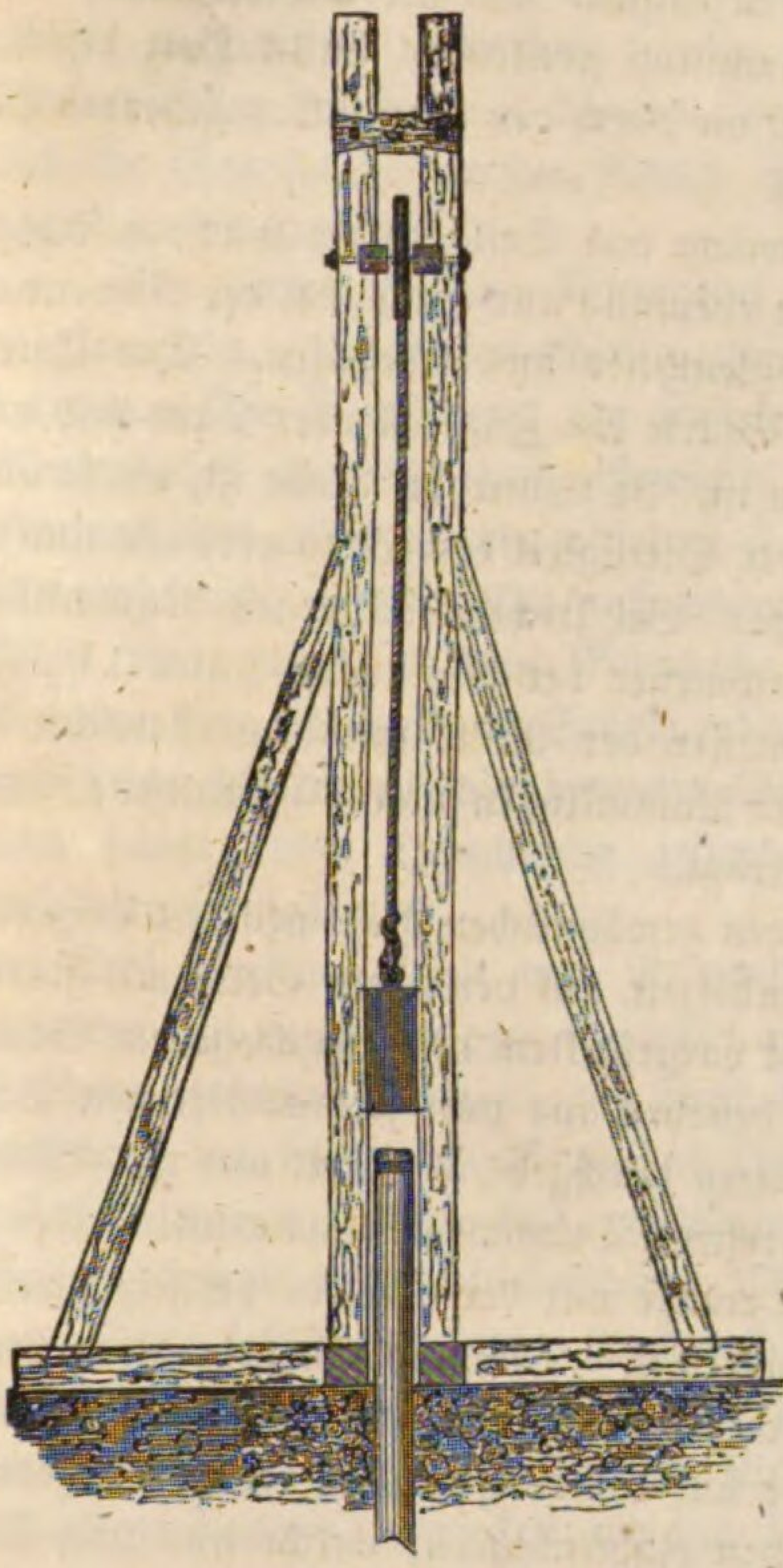


Fig. 30.

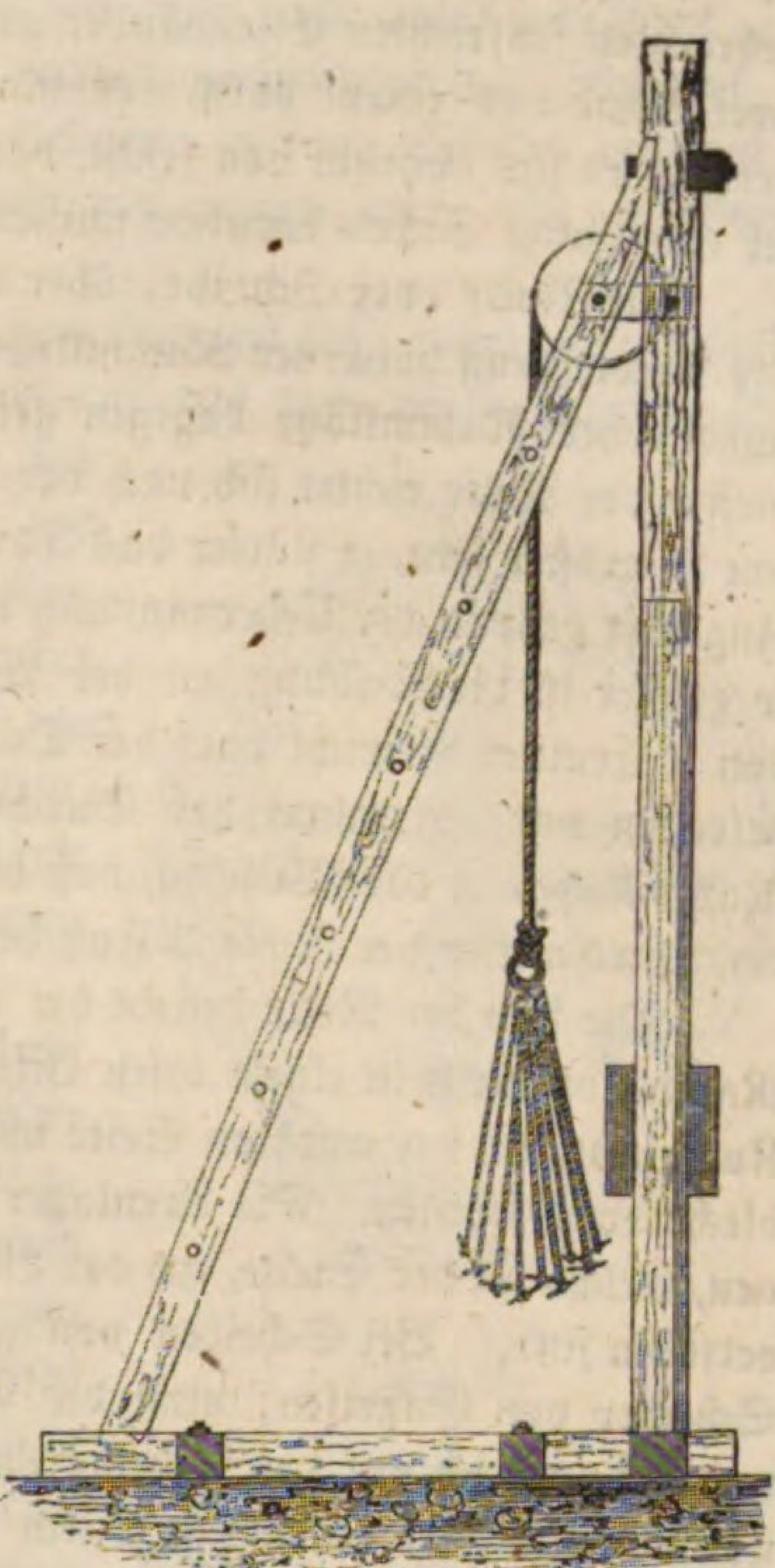
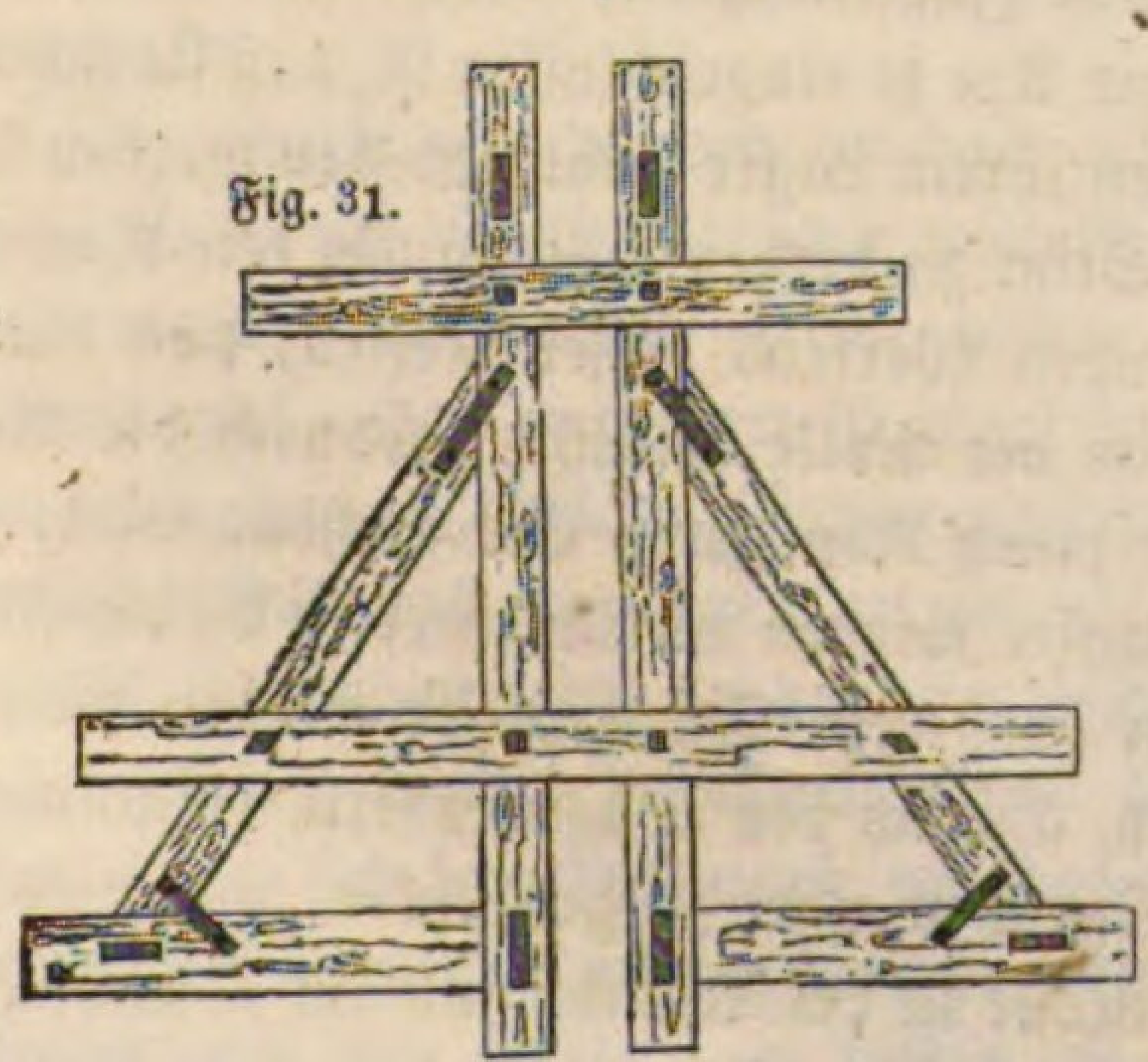


Fig. 31.



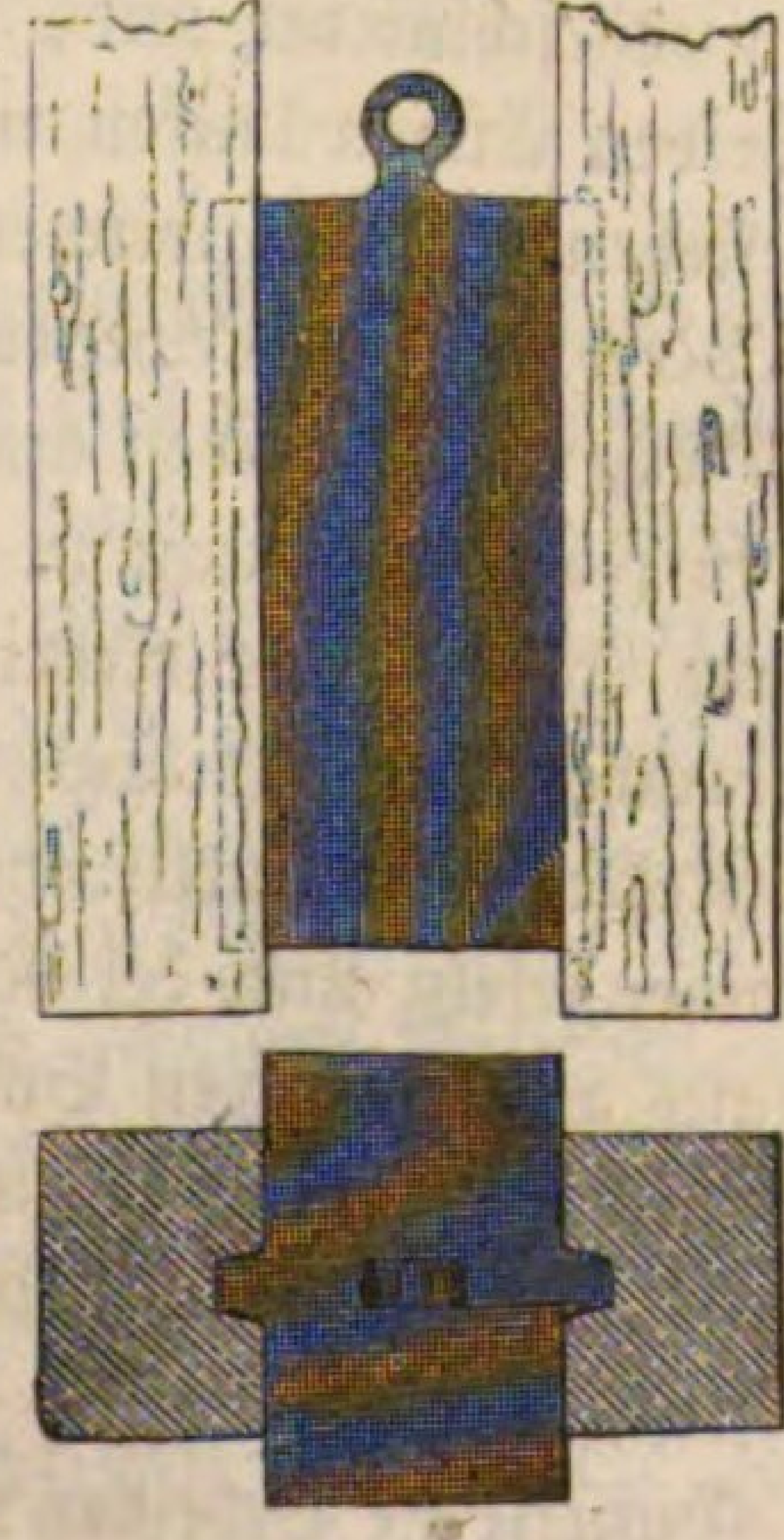


Fig. 32.

die zunächst an den Ecken des Rammklotzes zur Verbindung der Eisenringe angebrachten senkrechten Eisenbänder zu befestigen. Bei der Scheerramme, wo je zwei Arme aus einem durch den Rammklotz greifenden Stück Holz bestehen, versteht es sich ohnehin von selbst, daß die durch den Rammklotz gehenden Hölzer ihre ganze Stärke behalten müssen.

Die Rolle oder Scheibe, über welche das Seil geführt wird, besteht bei der Anwendung hölzerner Rammklötze ebenfalls aus Holz; bei der Anwendung gußeiserner Rammklötze dagegen größtentheils aus Gußeisen. Der Durchmesser der Rolle richtet sich nach der Stärke der Zugseile oder Taue und muß um so größer sein, je stärker das Tau ist. Je kleiner die Rolle ist, um so mehr Zugkraft geht in der Ueberwindung der Steifigkeit des Seils verloren und um so größer ist die Reibung an der Axe. Bei leichten hölzernen Rammklötzen von 3 Centner Gewicht darf der Durchmesser der Rolle nicht unter $1^1/_2$ Fuß betragen und es nimmt der Durchmesser der Rolle mit dem Gewichte des Rammklotzes in der Weise zu, daß bei Rammklötzen von 10 Centner Gewicht der Durchmesser der Rolle 3 Fuß beträgt.

Die Axe der Rolle besteht bei den gewöhnlichen Rammen mit hölzernem Rammklotz meist in einem losen Eisenbolzen, auf der einen Seite mit starkem Kopfe und auf der anderen Seite mit vorgestecktem und umgebogenem Schlußbleche oder Splinte. Die Axenlager bestehen aus zwei schmiedeeisernen Schienen, welche an der Stelle, wo der Bolzen durchgeht, verstärkt und mit Büchsen versehen sind. Bei Scheiben von großem Durchmesser, namentlich aber bei Scheiben von Gußeisen, muß die Drehaxe mit der Scheibe befestigt werden und sich zugleich mit der Scheibe umdrehen. Die aus Schmiedeeisen herzustellende Axe wird da, wo sie durch die Scheibe geht, viereckig, von da aber rund ausgeschmiedet und, soweit sie auf dem Lager ruht, sauber abgedreht. Die beiden Enden laufen in förmlichen Zapfenlagern, welche aus zwei Theilen bestehen müssen, zwischen denen die Axe so eingeschlossen ist, daß sie sich ohne große Reibung frei bewegen, aber von ihrem Lager nicht gehoben werden kann.

Hölzerne Scheiben aus einem Stück zu drehen, hat immer den Nachtheil, daß, in Folge des nicht zu vermeidenden Werfens dieser Rollen, das darüber geführte Seil bei der Arbeit leicht von der Rolle abläuft, wodurch die Arbeit unterbrochen und das Seil sehr bald durch Abnützung unbrauchbar wird.

Rollen von mittlerem Durchmesser werden aus mehreren Bohlenstücken zusammengesetzt und bei Rollen von größerem Durchmesser werden dieselben ebenfalls aus mehreren Bohlenstücken, ähnlich den Wagenrädern, zusammengesetzt und bestehen aus Armen oder Speichen und Felgenstücken, wie dies aus Fig. 33 und 34, welche eine solche Rolle in der Ansicht und im Durchschnitte darstellen, zu ersehen ist.

Gußeiserne Scheiben werden aus einem Stücke gegossen und können, außer

dem äußeren Kranze, welcher die der Stärke des Taues entsprechende Spur enthalten und demnach ausreichend breit sein muß, und außer dem Kern in der Mitte, welcher, zur Aufnahme der Axe dienend, ausreichend stark sein muß, um darin die Axe befestigen zu können, im Uebrigen geringe Stärken erhalten, so daß ihr Gewicht bei großen Rollen nicht viel größer wird, als das Gewicht gleich großer Holzrollen.

Das Rammseil oder **Rammtau** muß überaus fest, dabei aber möglichst biegsam sein. Es muß deshalb gezwirnt und aus dem besten Hanfe gedreht werden. Die Berechnung der Stärke des Rammseiles auf die dem Gewichte des Rammklotzes entsprechende absolute Festigkeit reicht nicht aus; dasselbe muß, wegen der steten Abnutzung bei dem Gebrauche der Ramme, eine weit größere Stärke erhalten, und zwar mindestens die doppelte Stärke nach seiner durch Berechnung gefundenen absoluten Festigkeit.

Fig. 33.

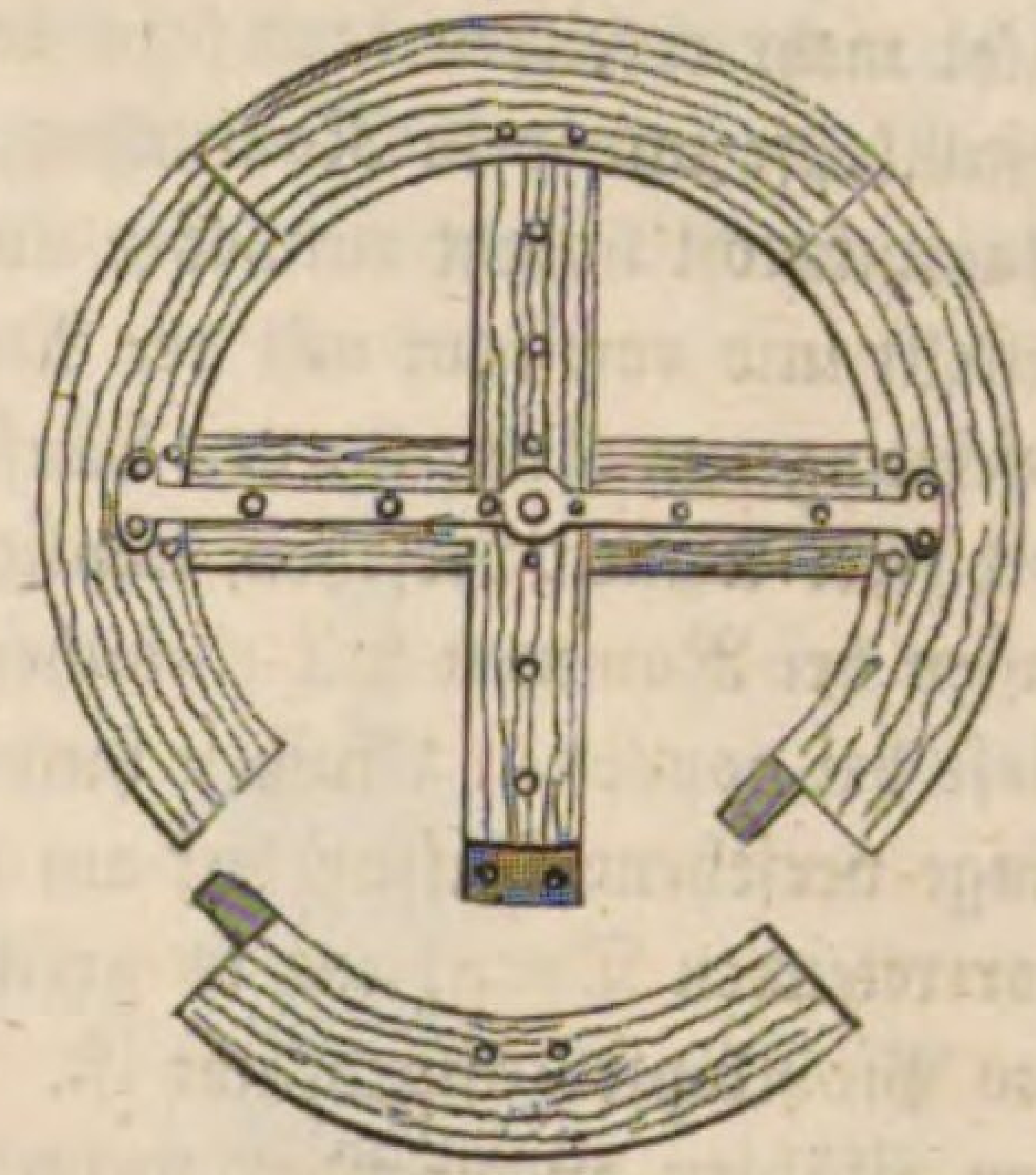
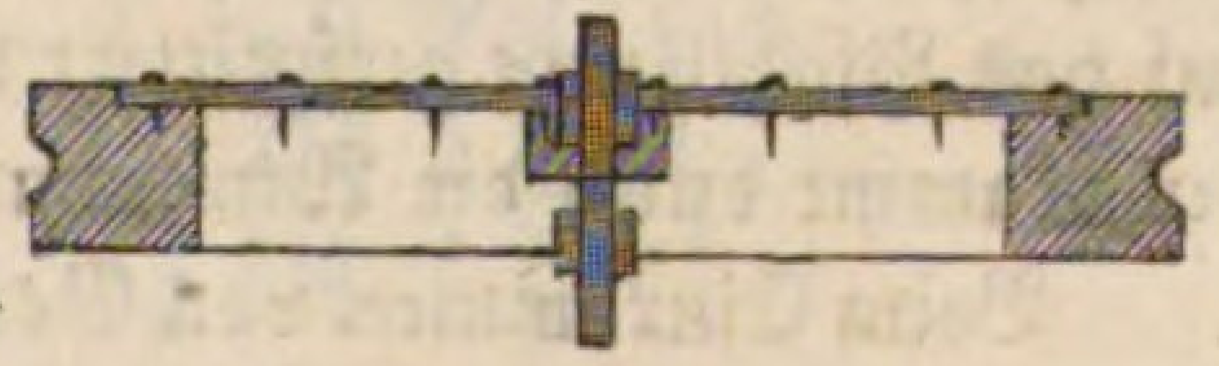


Fig. 34.



Das Seil wird mit dem Rammklotze entweder mit einem an dem Seilende angebrachten einfachen Knoten oder durch Umwickelung des durch den Ring des Klotzes gesteckten und nach aufwärts umgebogenen Seilendes und des anschließenden Theils vom Seile selbst mit einer starken Hänfschnur verbunden. Zur Schonung des Seils wird der Ring oder die Oese des Klotzes mit altem Seilwerk umwickelt und mit Leder überzogen.

Die Zugleinen werden an das auf der entgegengesetzten Seite herabhängende Ende des Seils entweder mittelst eines an das Seilende angeflochtenen Seilringes, oder eines durch einen Knoten nach Fig. 35 angehängten Eisenringes, oder auch mittelst einer in Fig. 36 dargestellten schmiedeeisernen, aus zwei gleichen Theilen zusammengeschraubten Hülse, an welche so viele Oesen genietet sind, als Zugleinen angebracht werden sollen, befestigt. Zum Anfassen der Zugleinen wird an dem herabhängenden Ende einer jeden ein Knebel angebracht. Damit die Knebel stets in der zum richtigen Anziehen erforderlichen Höhe sich befinden, muß, wie das Eintreiben des Pfahls es nöthig macht, ein Verstellen vorgenommen werden, was entweder durch ein Höherrücken des Ringes oder der Hülse, am besten aber dadurch geschieht, daß der Arbeiter seinen Knebel, welcher durch einen einfachen Schlingknoten an die Zugleine

befestigt wird, nach Erfordern verrückt und so die Zugleine verlängert oder verkürzt. Als die passendste Höhe des Knebels wird die angenommen, daß derselbe, sobald der Rammklotz auf dem Pfahl aufsitzt, vor den Augen des Arbeiters schwebt.

Bei dieser Höhe des Knebels kann der Arbeiter einen Zug von 30 Pfund thun und dies Gewicht dabei auf eine Höhe von 4 bis 5 Fuß, in Zwischenräumen sogar bis zu 7 und 8 Fuß heben.

Kommt es beim Einrammen von Grundpfählen vor, daß die Pfähle so tief eingetrieben werden müssen, daß der Rammklotz den Kopf des Pfahles nicht mehr erreichen kann; so bedient man sich eines Aufsatzes zwischen dem Pfahlkopfe und dem Rammklotz, welchen man den Rammknecht nennt. Der Rammknecht besteht entweder aus einem Eichenklotz, welcher auf den Pfahlkopf gestellt und von dem mit der Aufsicht betrauten Arbeiter vermittelst einer umgeschlungenen Kette an den Läufer beigezogen wird; oder der eichene Klotz ist mit zwei Armen versehen, ähnlich denen des Rammklotzes. Diese Arme umfassen bei Rammen mit einfachem Läufer die Läuferruthe, oder sie greifen durch diese bei doppelten Läufern hindurch. Der unten und oben mit einem Eisenringe versehene Aufsatz hat am unteren Ende einen eisernen, etwa 3 bis 4 Zoll vortretenden Dorn, und es greift dieser in ein Bohrloch, welches in der Mitte des Pfahlkopfes angebracht ist. Eben solche Aufsätze werden beim Einrammen von Pfählen angewendet, welche zwar nicht so tief eingetrieben werden, daß der Rammklotz den Pfahlkopf nicht erreichen könnte, deren Holz aber von solcher Beschaffenheit ist, daß es durch die unmittelbare Wirkung des Rammklotzes auf das Pfahlhaupt zersplittert würde. Unter allen Umständen wird der Effekt der Ramme durch die Anwendung von Aufsätzen geschwächt.

Beim Einrammen von Gerüst- oder Fangdammpfählen im Wasser müssen die Rammarbeiten zuweilen von Fahrzeugen, namentlich von breiten Nachen oder Prahmen, oder auch von dazu eigens construirten Flößen aus ausgeführt werden. Dienen dazu Fahrzeuge, so werden, zur Vermeidung von Schwankungen, welche die Arbeit erschweren und unsicher machen, am besten dazu zwei Fahrzeuge angewendet, und es wird die vordere Schwelle des Rammgerüstes senkrecht gegen die Längeaxe derselben gerichtet. Dient dazu nur ein Fahrzeug, so wird die vordere Schwelle auf eine lange Seite desselben gerichtet, wobei man das Fahrzeug gegen die schon eingerammten Pfähle richten kann, und es wird dabei dem Schwanken dadurch begegnet, daß man einen starken Balken quer über das Fahrzeug legt, unter das hintere Ende desselben einen gewöhnlichen Nachen bringt und diesen mit dem Balkenende verbindet.

Die Kunstramme. Der Umstand, daß der an einer Zugramme angestellte Arbeiter nur etwa die Hälfte zu leisten im Stande ist, als wenn er an der Kurbel eines einfachen Getriebes wirkt, hat Veranlassung gegeben zur

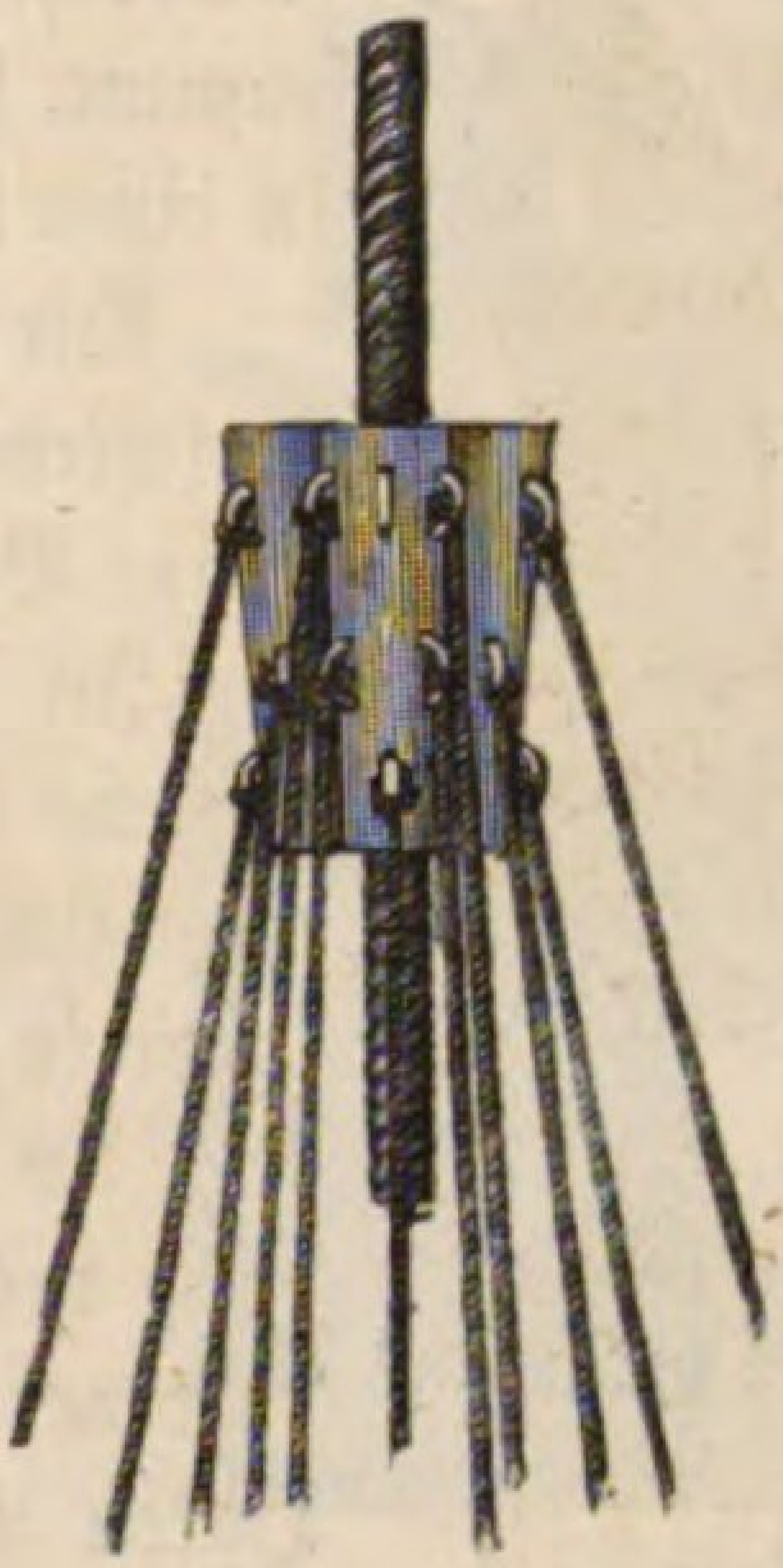
Construction von Rammen, deren Rammklotz durch eine mechanische Vorrichtung gehoben wird. Derart construirte Rammen, bei welchen der Arbeiter an der Kurbel wirkt, um die mechanische Vorrichtung in Bewegung zu setzen, werden Kunstrammen genannt.

Wirkt die Kraft des Arbeiters an der Kunstramme mindestens doppelt soviel als an der Zugramme, so kann außerdem der Effekt der Kunstramme gesteigert werden dadurch, daß man im Stande ist, den Rammklotz auf eine größere, ja mehr als die doppelte Höhe zu heben, wie bei der Zugramme. Bei angestellten Versuchen zur Herstellung eines direkten Vergleiches zwischen der Leistung der Zugramme und der Kunstramme hatten beide Rammen gleich schwere Klötze, und es wurden mit beiden ganz gleich starke und gleich lange Pfähle in demselben Boden auf eine gleiche Tiefe eingeschlagen. An der Zug-

Fig. 35.



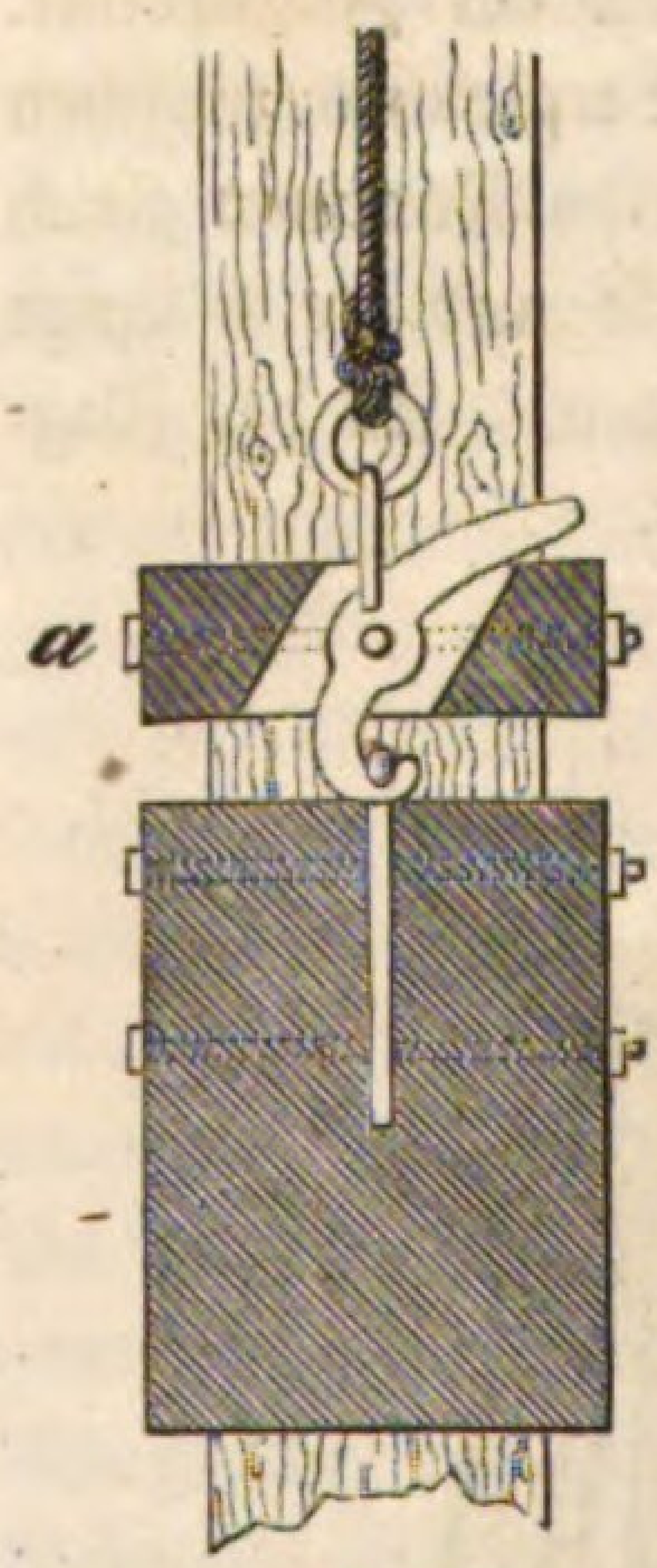
Fig. 36.



ramme waren 22 Tagelöhner und 1 Zimmermann; an der Kunstramme dagegen nur 4 Tagelöhner und 1 Zimmermann angestellt. Bei der Kunstramme wurde der Rammklotz jedesmal $12^3/_4$ Fuß gehoben, bei der Zugramme konnte er nur 5 Fuß hoch gehoben werden. Es wurden mit jeder Ramme 48 Pfähle eingetrieben, wozu mit der Zugramme 28 Tage, mit der Kunstramme aber nur 18 Tage erforderlich waren. Hiernach betrug bei der Zugramme die Anzahl der zu einer gleichen Arbeit erforderlichen Arbeiter mehr als das Achtfache und die auf diese Arbeit verwendete Zeit betrug über ein Dritttheil mehr als bei der Kunstramme. Nimmt man noch hinzu, daß an der Kurbel eines zweckmäßig construirten Getriebes 4 Arbeiter im Stande sind, einen Rammklotz von 10 bis 12 Centner Gewicht auf eine Höhe von 12 bis 24 Fuß zu heben, so springt der Vortheil, welchen die Anwendung von Kunstrammen bei ausgedehnten Gründungen gewährt, um so mehr hervor.

Haben wir als unterscheidendes Merkmal in Bezug auf die Anordnung der Kunstramme erwähnt, daß durch die Bewegung einer mechanischen Vorrichtung der Rammklotz auf beliebige Höhe gehoben wird, so haben wir noch hinzuzufügen, daß sich die Kunstramme von der Zugramme dadurch unterscheidet, daß, wenn der Klotz auf einer vorgeschriebenen Höhe von dem Haken des Zugseiles abgelöst und von da frei herabgefallen ist, der Haken, woran er befestigt war, wieder herabgelassen werden muß, um aufs Neue damit den Klotz zu fassen und wie vorher zu heben.

Fig. 37.



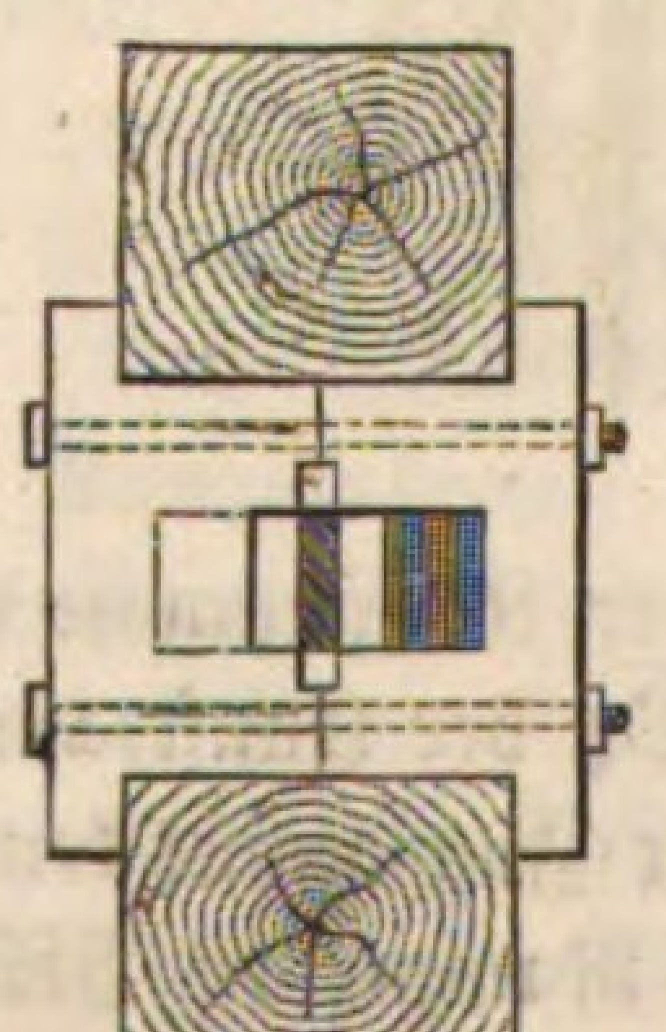


Fig. 38.

Lassen wir die Construction der zum Heben des Rammklotzes dienenden mechanischen Vorrichtung, welche sowohl durch Menschen, als auch durch Zugthiere oder Wasserkraft in Bewegung gesetzt werden kann, außer Betracht, so bildet den wichtigsten Theil an der Kunstramme der Haken, welcher den Rammklotz faßt und in einer vorgeschriebenen Höhe ihn wieder fallen läßt.

Die Art der Auslösung des Hakens ist überaus verschieden, und beschränken wir uns darauf, hier nur einige Beispiele mitzutheilen.

In Fig. 37 geben wir die Seitenansicht eines Hakens mit sehr einfacher Auslösung. Der Haken bewegt sich um eine horizontale Axe, welche ihr Zapfenlager in der Mitte eines Fallblockes hat, von welchem Fig. 38 den Grundriß darstellt, und welches zur Führung des Hakens beim Herablassen desselben dient. Sobald der oberhalb des Fallblockes nach vorne vorgebogene Haken mit seinem abgerundeten hervorragenden Ende an den quer über die Läufer an der vorgeschriebenen Höhe angebrachten Bügel *a* stößt, so hängt sich bei fortgesetztem Heben der in die Oese des Rammklotzes eingreifende Haken aus und der Rammklotz fällt herab. Eine ähnliche Auslösung ist Fig. 39 in der vorderen Ansicht und Fig. 40 in der Seitenansicht dargestellt. Statt eines eisernen Bügels dient eine quer über die beiden Läufernuthen angebrachte und mit diesen verblattete und aufgeschraubte Holzzange dazu, das Heben des Hakens über die vorgeschriebene Höhe zu verhindern und die Auslösung desselben zu veranlassen. Der zur Führung des Hakens dienende Fallblock ist oberhalb des Hakens und umschließt, aus zwei zusammengeschraubten Platten bestehend, eine Eisenstange, an der oben die Oese zur Befestigung des Zugseiles oder der Zugkette, unten aber eine Gabel angeschmiedet ist, durch die ein Schraubenbolzen führt, welcher den Haken an

der Stelle mit der Gabel verbindet, wo die Umdrehung des ersteren bei der Auslösung des Hakens stattfinden soll.

Der Haken kann doppelt sein und nach Fig. 41 und 42 eine Zange bilden. Der Rammklotz besteht bei der Kunstramme, wo dieser Zangenhaken Anwendung gefunden, und die wir in ihrer ganzen Anordnung geben werden, aus Gußeisen, ebenso der Fallblock, und die beiden Arme, welche sich, wie aus Fig. 41 zu ersehen, nicht kreuzen, sind oben mit schweren Rollen versehen, welche, sich an die Läufernuthen anschließend, einestheils zur Führung als Friktionsrollen dienen, anderntheils aber durch ihr Gewicht das Schließen des Hakens bewirken.

Fig. 39.

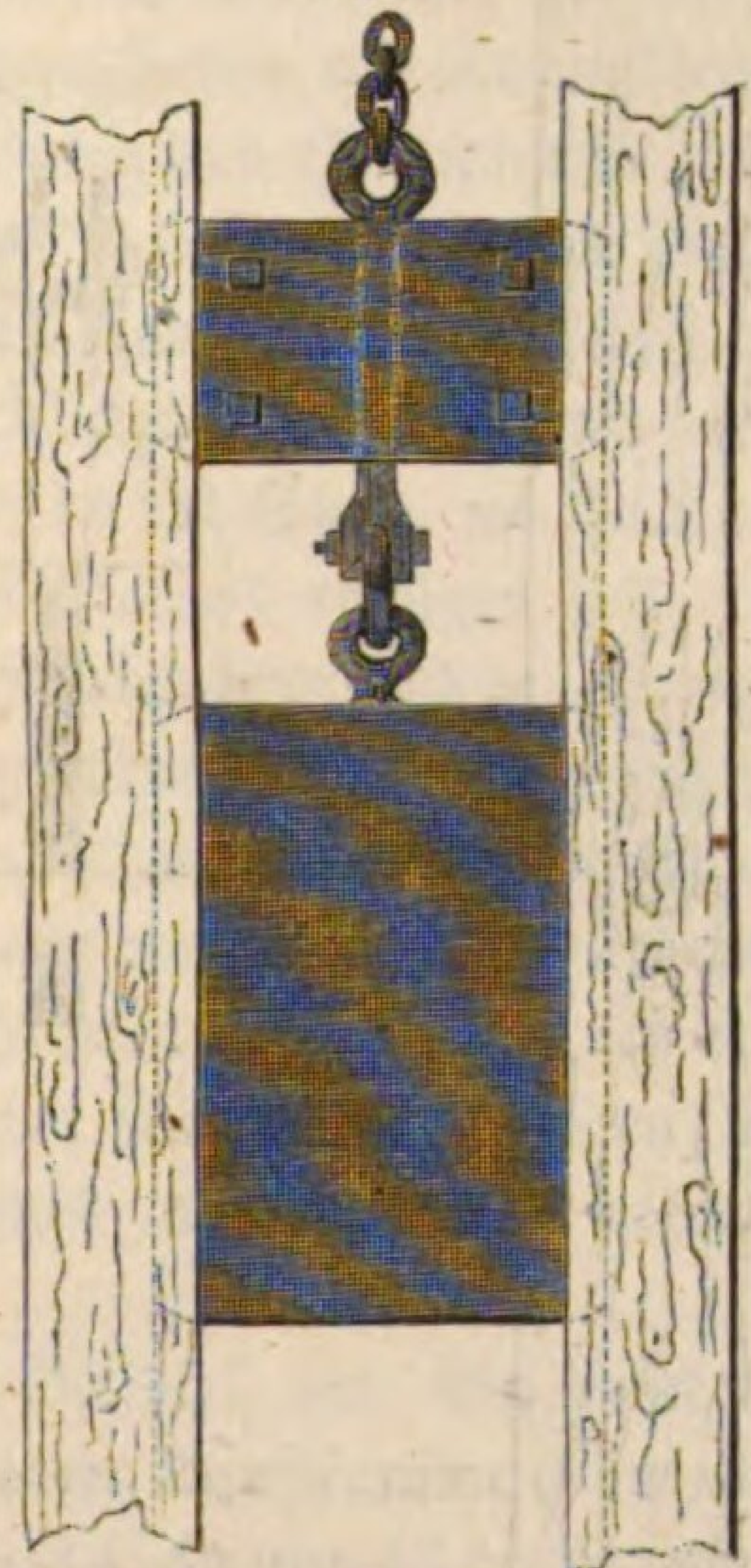


Fig. 40.



Die Auslösung des Scheerenhakens wird dadurch bewirkt, daß in der vorgeschriebenen Höhe die an den inneren Seiten der Läufernuthen angebrachten Schienen, welche sowohl dem Rammklotz als auch dem Fallblock zur Führung dienen, einen beiderseits nach innen vortretenden, nach oben die Oeffnung allmählich verengenden Ansatz *s* (Fig. 41) haben, durch welchen die am oberen Ende der Zangenarme angebrachten Rollen einander näher gebracht und auf diese Art die beiden unteren Haken so weit auseinander gerückt werden, daß sie die Oese des Rammklotzes nicht mehr fassen können und dieser nun herabfällt. Ist der Scheerenhaken wieder herabgelassen, so werden, damit die beiden Haken die Oese des Rammklotzes wieder fassen können, die Rollen, welche beim Abwärtsgleiten sich wieder an die Läuferführung anschließen, behufs des Oeffnens

einander genähert, und es schließen sich die Haken sofort in der Oeffnung der Oesen, wenn man die Rollen wieder zurückfallen läßt.

Das Rammtau ist, wie aus Fig. 42 zu ersehen, an einem eisernen Bügel befestigt, der um den Fallblock greift und durch denselben Bolzen gehalten wird, welcher die beiden Arme der Zange miteinander verbindet und deren Axe bildet.

Fig. 41.

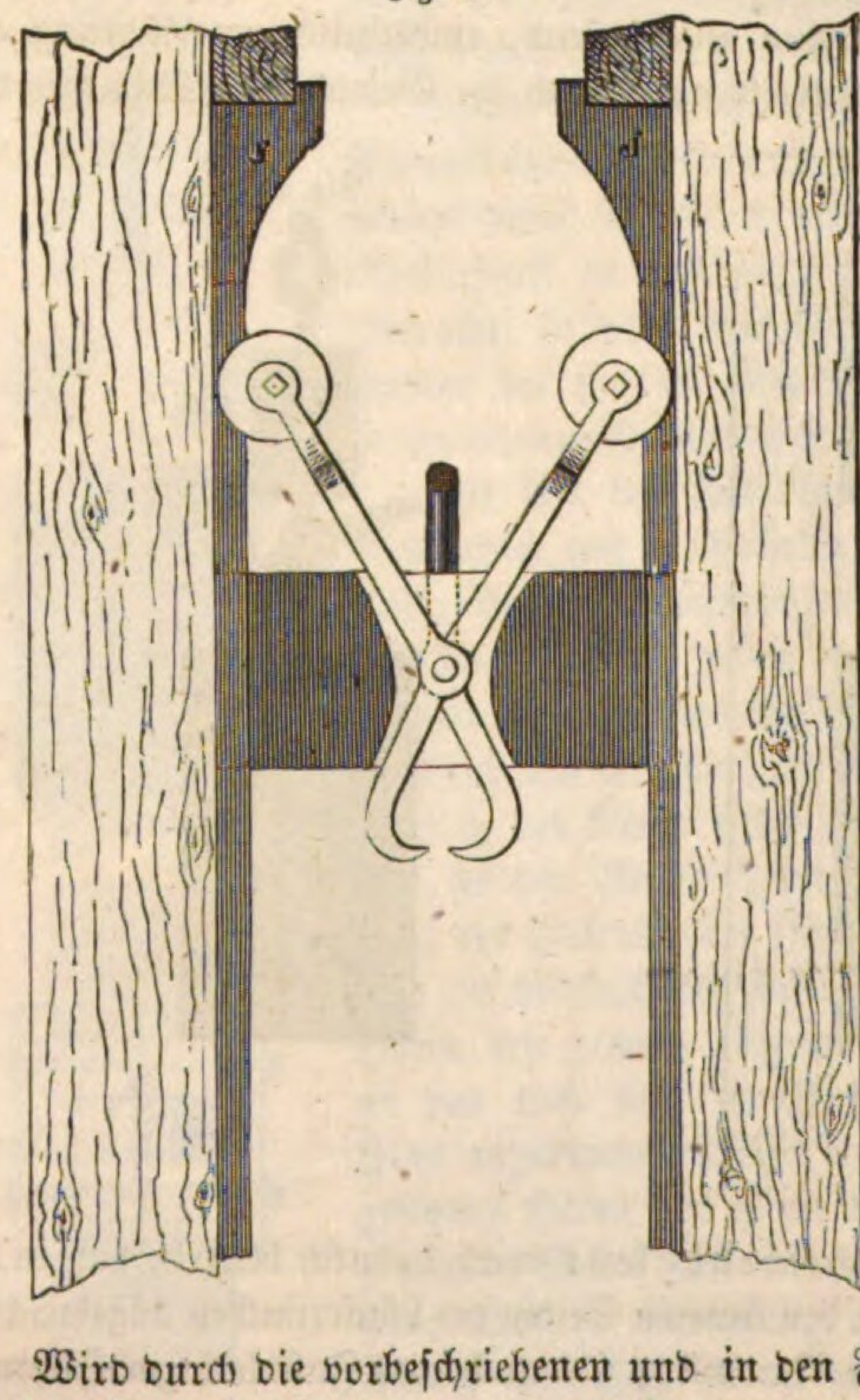
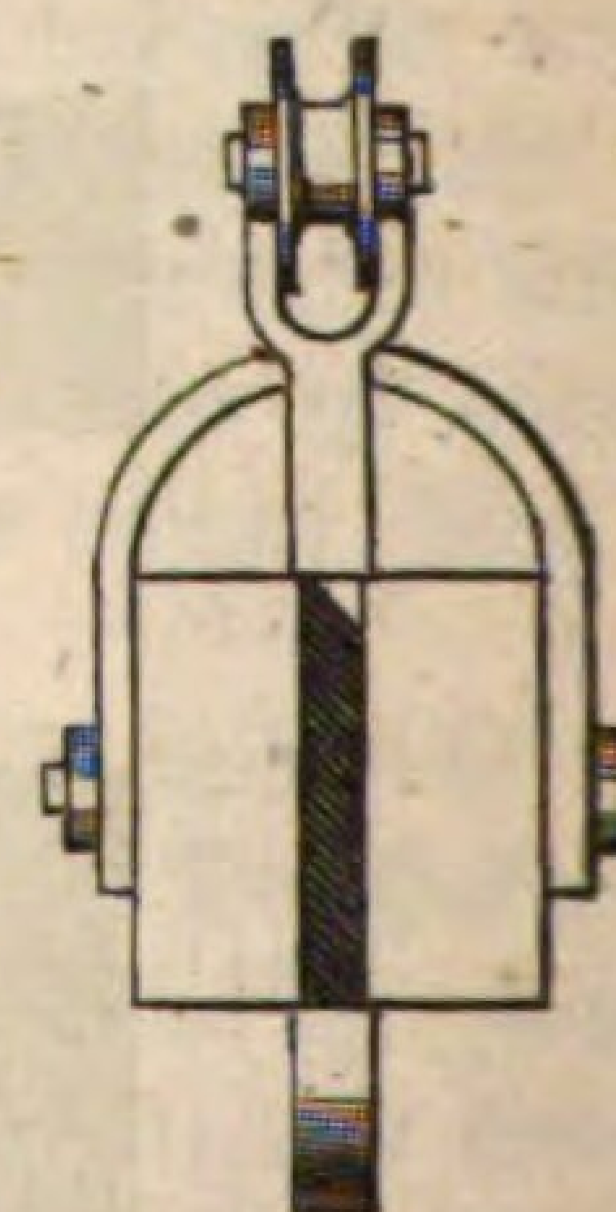


Fig. 42.

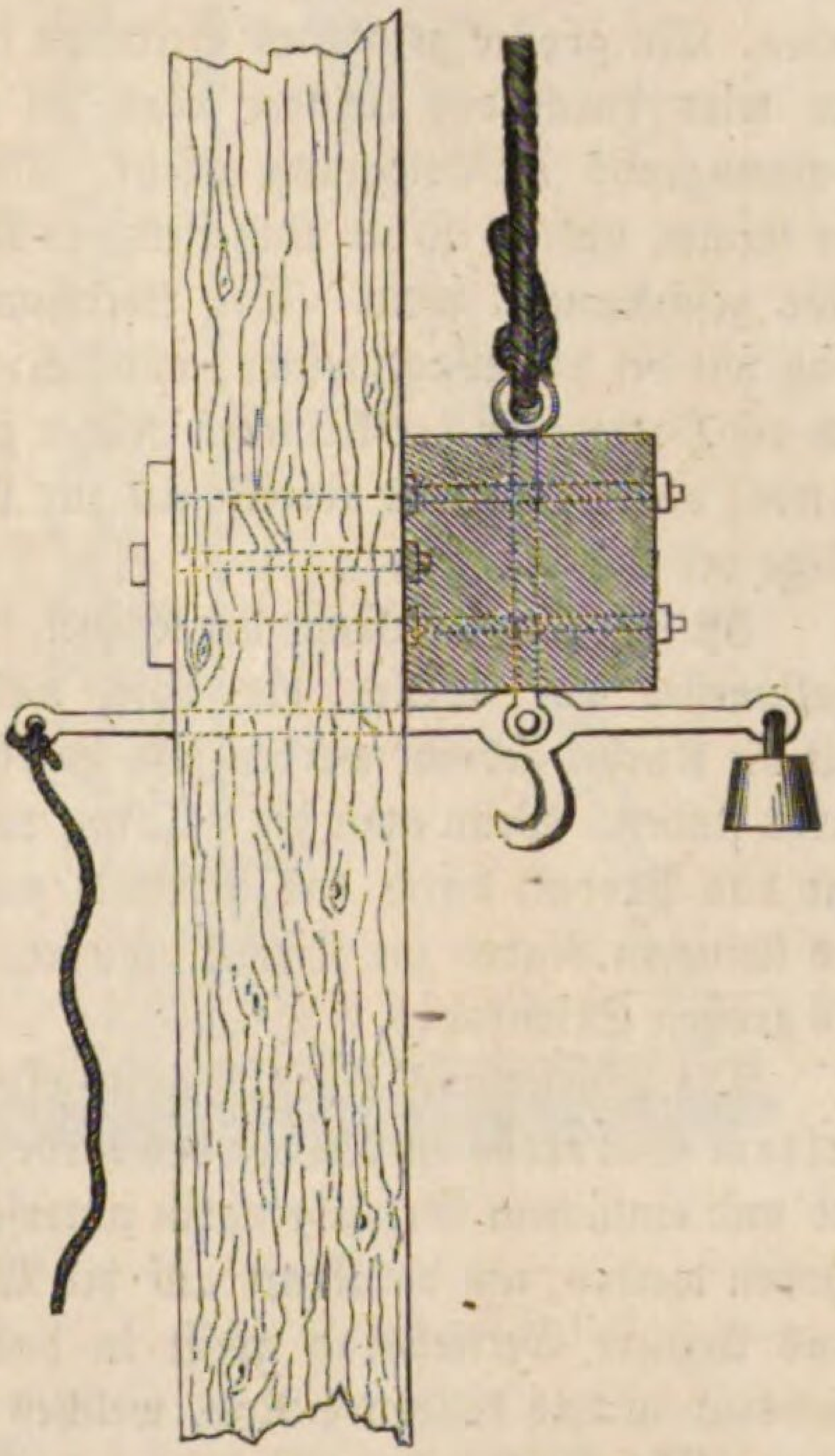


Wird durch die vorbeschriebenen und in den Fig. 35 bis 42 dargestellten Vorrichtungen der Haken immer an einer und derselben durch die Hubhöhe vorgeschriebenen Stelle ausgelöst, so hat man wieder andere Vorrichtungen, durch welche das Auslösen des Hakens sowohl auf einer bestimmten, als auch auf jeder beliebigen Höhe bewirkt werden kann.

Eine Vorrichtung derart stellt Fig. 43 dar. Der Haken ist einfach und ist mit einem Hebel aus einem Stücke geschmiedet, welcher zwei Arme von ungleicher Länge hat. Der längere Hebelarm ist gegen die Rammkammer gerichtet und an dem entgegengesetzten kürzeren Arme befindet sich ein angehängtes

Gewicht, welches ausreichend schwer ist, den Hebel in horizontaler Lage zu erhalten, wenn der Haken die Oese des Rammklotzes gefaßt hat. An dem Ende des längeren Hebelarmes ist eine Zugleine befestigt; wird nun durch das Anziehen dieser Zugleine das an dem Ende des kürzeren Hebelarmes angehängte Gewicht gehoben und dadurch der Hebel aus seiner horizontalen Lage gebracht, so löst sich der Haken aus und der Rammklotz fällt herab. Soll das Auslösen des Hakens an einer vorgeschriebenen Stelle geschehen, so hat man nur die Zugleine, wenn der Rammklotz einmal auf die vorgeschriebene Höhe gehoben ist, anzuziehen und an ihrem unteren Ende auf dem Rammgerüste zu befestigen, und es wird dann bei weiter fortgesetztem Heben des Rammklotzes die Auslösung des Hakens wie beim ersten Male, so auch bei der Fortsetzung des Rammens, von selbst erfolgen. Dasselbe kann erreicht werden, wenn an der Stelle, wo die Auslösung des Hakens erfolgen soll, ein eiserner Bügel auf der nach der Rammkammer gerichteten Seite quer über die Läufernuthen angebracht wird, an dem der auf dieser Seite vorstehende längere Hebelarm ein Hinderniß findet und bei fortgesetztem Heben des Rammklotzes niedergedrückt werden muß.

Fig. 43.



Als Beispiel der Gesammtanordnung einer Kunstramme geben wir in den Fig. 44, 45 und 46 die Ramme, bei welcher der in den Fig. 41 und 42 dargestellte und bereits besprochene Scheerenhaken angewendet ist. Die mechanische Vorrichtung zum Heben des Rammklotzes besteht aus einer eisernen Construction, der eisernen Zugwinde, welche man gewöhnlich auch unter dem Namen der einfachen Hebmaschine begreift.

Es kann als mechanische Vorrichtung zum Heben des Rammklotzes statt der von Eisen construirten Hebmaschine ebenso gut der, in seinen Hauptbestandtheilen aus Holz construirte, demnach in das Bereich der Arbeiten des Zimmermanns einschlagende Hornhaspel, sowohl mit einfachem Getriebe und Schwungrad, als auch mit doppeltem Getriebe und Schwungrad, Anwendung finden;

und werden wir deshalb dieser Hebevorrichtung in Kürze gedenken und die Beschreibung der in den Fig. 44, 45 u. 46 dargestellten Kunstramme nachfolgen lassen.

Betrachten wir einen Hornhaspel mit Schwungrad und einfachem Getriebe. Die Höhe des Drehpunktes, die Länge der Kurbeln und Versetzen derselben zur Ueberwindung des todten Punktes beim Umdrehen sind hier nach denselben Grundsätzen zu richten wie bei dem einfachen Hornhaspel ohne Getriebe, dessen Beschreibung wir in der ersten Abtheilung der „Schule des Zimmermanns", auf die wir zur Vermeidung von Wiederholungen hiermit verweisen, in dem Abschnitte „Von den Hebezeugen" gegeben haben. Ein großes gezahntes Stirnrad ist an der Welle befestigt; dies Stirnrad wird durch das kleinere Rad bei Herumdrehung der Kurbel und des Schwungrads in Bewegung gesetzt. Das Schwungrad dient zur Regulirung der Kräfte, und es ist der Nutzeffekt der Maschine um so größer, je rascher dasselbe geschwungen wird. Die Berechnung der Kraft beruht auf demselben Satz wie bei der Wagenwinde, nämlich: die Kraft verhält sich zur Last, wie sich die Halbmesser der kleineren Räder zu den Halbmessern der größeren verhalten; oder: die Kraft verhält sich zur Last, wie der Weg der Kraft sich zum Wege der Last verhält.

Ist hiernach die Länge der Kurbel, der Halbmesser des Getriebsrades, der Halbmesser der Welle, die Last, welche gehoben, und die Kraft, womit die Kurbel gedreht werden soll, gegeben: so läßt sich die Größe des Stirnrades finden. Wenn man die Last mit dem Halbmesser der Welle multiplicirt, und das Produkt durch das Produkt aus der Kraft und der Verhältnißzahl des kleineren Rades zur Kurbel dividirt, so gibt der Quotient den Halbmesser des großen Stirnrades.

Die Einrichtung eines Hornhaspels mit Schwungrad und doppeltem Getriebe ist von der des vorbeschriebenen Hornhaspels mit Schwungrad und einfachem Getriebe darin unterschieden, daß zwei Paar Räder eingeschoben werden, um die Kraft auf die Welle überzutragen und zu verstärken. Das kleinere Getriebsrad greift in das große treibende Rad, und das Getriebsrad in das treibende Rad, welches die Welle in Bewegung setzt. Die erforderliche Kraft wird gefunden, wenn man die zu hebende Last multiplicirt mit der Summe der Halbmesser der kleineren Räder, und das Resultat dividirt durch die Summe der Halbmesser der größeren Räder mal der Länge der Kurbel.

Gehen wir zurück auf die Betrachtung der in den Fig. 44, 45 und 46 dargestellten Kunstramme, so läßt sich die Anordnung am besten aus Fig. 46, welche den Grundriß des Ganzen, über dem oberen Geschwelle, worauf die Rolle ihr Auflager hat, gibt, erkennen. Der Rammklotz besteht aus Gußeisen. Zur Führung desselben sind an der inneren Seite beider Läufernuthen, und zwar in der Mitte derselben, eiserne Schienen befestigt, welche in entsprechende

Fig. 44.

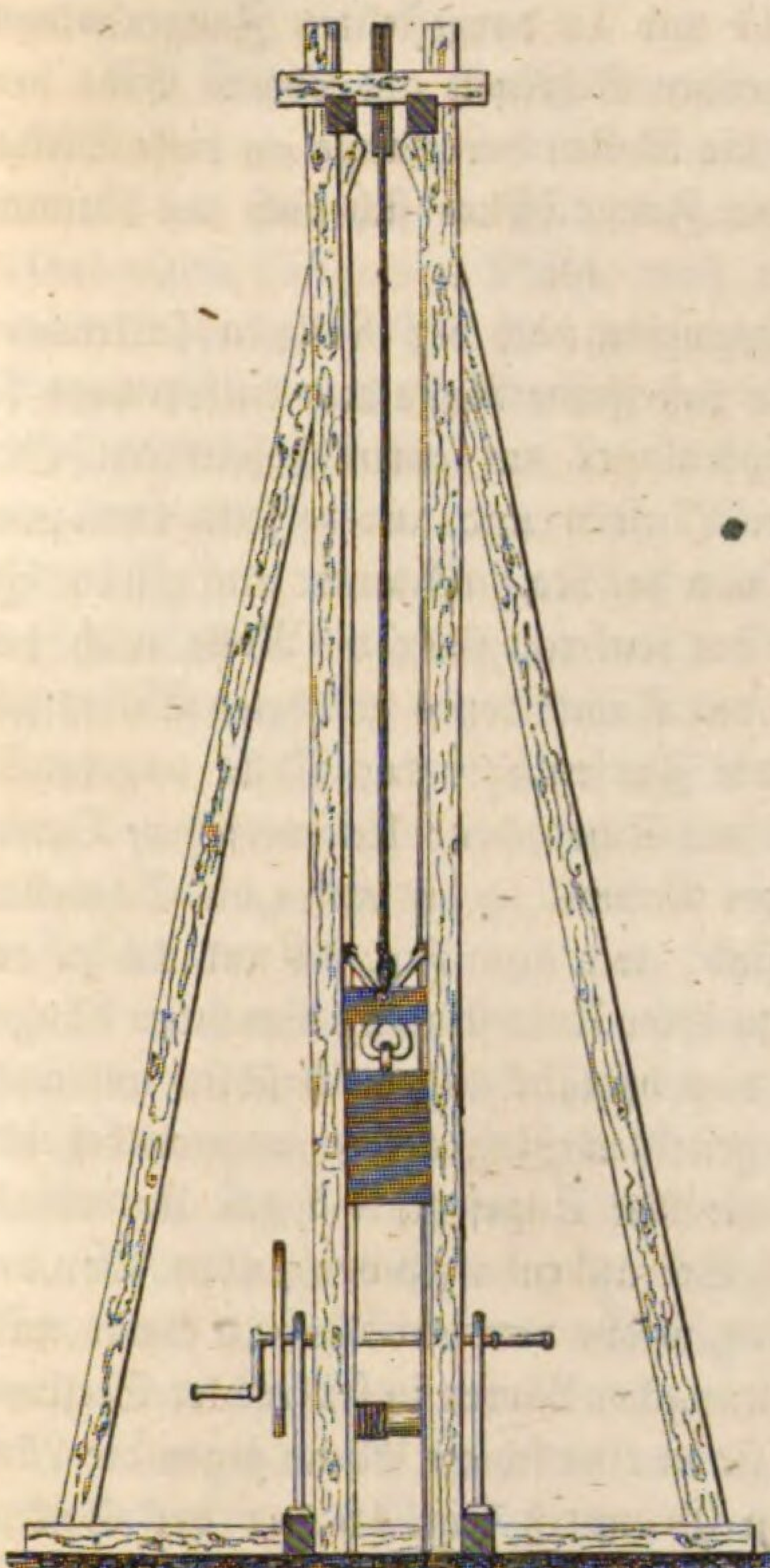
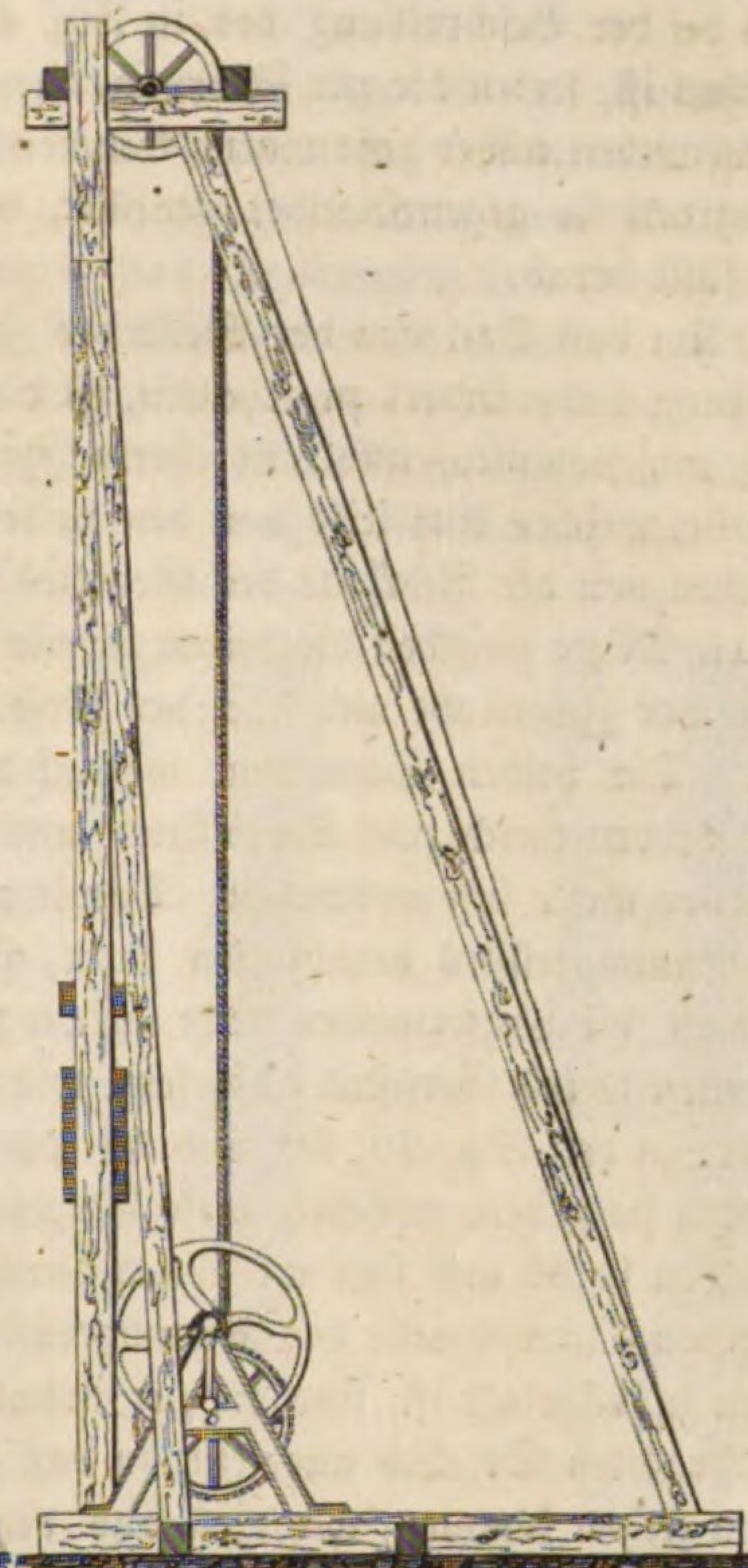


Fig. 45.



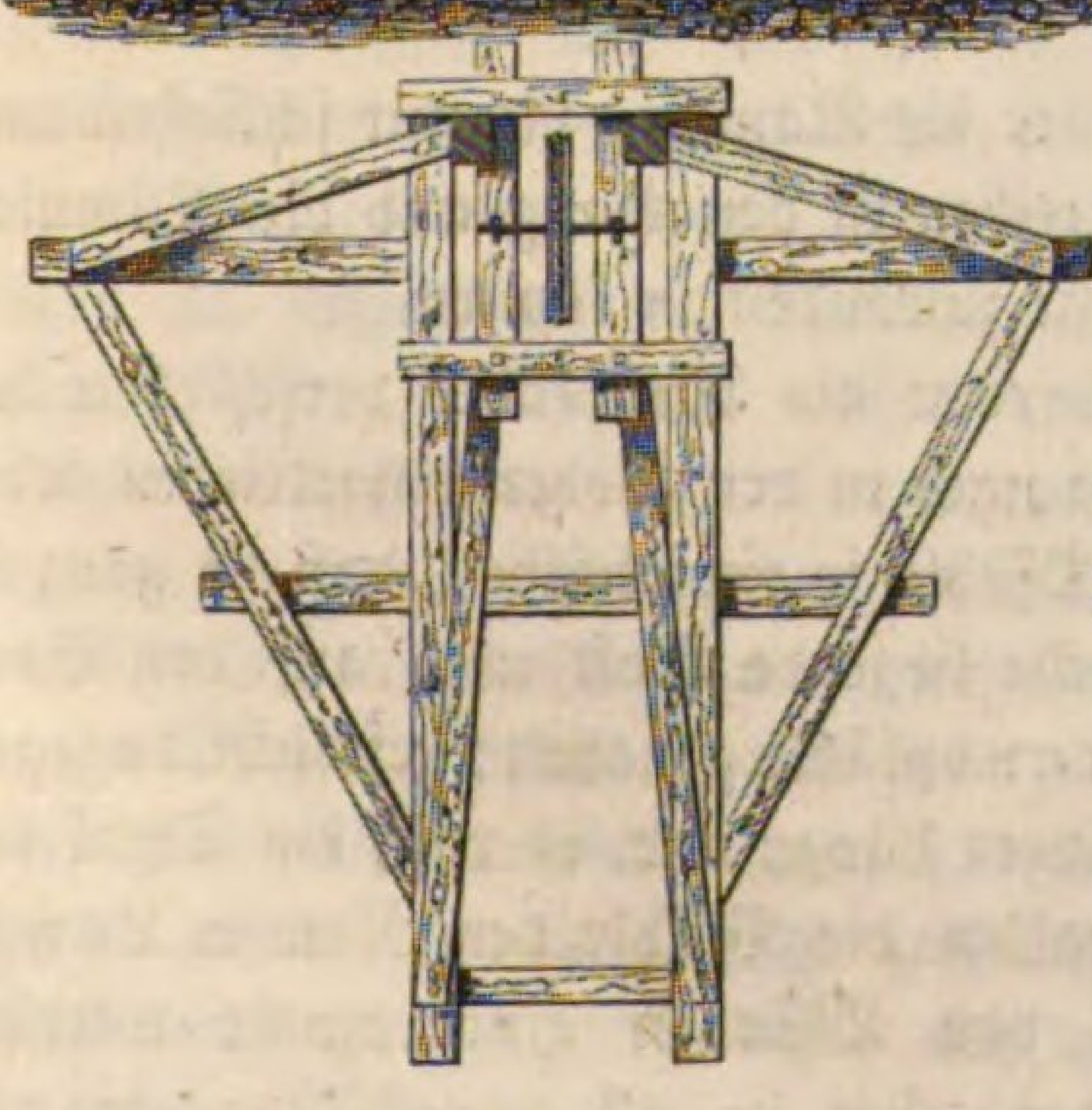


Fig. 46.

Nuthen sowohl des Rammklotzes, als auch des Fallblocks eingreifen. Wie bereits bei der Beschreibung des in Fig. 41 und 42 dargestellten Zangenhakens erwähnt ist, treten die zur Führung dienenden Schienen am oberen Ende der Läufernuthen näher zusammen; kommen die Rollen der Zange an diese Stelle, so werden sie gegeneinander gedrückt, die Zange öffnet sich und der Rammklotz fällt herab.

Um das Seil von der Welle der Zugwinde nach der Rolle in senkrechter Richtung unverändert zu erhalten, ist die gußeiserne Rolle dem entsprechend so groß angenommen, und mit ihrem Zapfenlager auf einem besonderen Geschwelle, welches einerseits von den beiden Läufern und andererseits von zwei Streben von der Rückseite des Gerüstes von der Rammkammer aus gestützt ist, auf die Mitte zwischen die beiden Theile des senkrecht über die Rolle nach der Welle der Zugwinde und nach der Oese des Rammklotzes geführten Seiles gesetzt. Die beiden Schwellen, worauf die Zapfenlager der Rolle angebracht sind, werden durch zwei überblattete und mit Schraubenbolzen versehene Querschwellen unter sich verbunden. Damit der Rammklotz bis unter die Schwellen des Rammgerüstes herabfallen kann, sind, wie aus Fig. 44 und 46 zu ersehen ist, die Läufernuthen nicht auf die zu ihrer Unterstützung dienenden Längeschwellen dieses Gerüstes aufgesetzt, wie dies beinahe allgemein üblich und auch an der in den Fig. 29, 30 und 31 dargestellten Zugramme angewendet ist; sondern sie gehen, zwischen diese Längeschwellen eingesetzt, bis zur Unterkante derselben herab und sind mit ihnen durch Schraubenbolzen verbunden. Von der vorderen Querschwelle des Rammgerüstes, welche von den Läufern etwas nach innen zurückgelegt ist, sind die zur Erhaltung der Läufer in senkrechter Stellung angebrachten Streben angesetzt, so daß sie in eine schiefe Ebene gegen die Läufer zu stehen kommen, wie dies aus dem Grundriß Fig. 46 und der Seitenansicht Fig. 45 erhellt.

Wir glauben unsere Betrachtung über die Rammen hiermit schließen und uns nun den Rostpfählen, zu deren Eintreiben in den Baugrund die Rammen dienen, und der Anordnung der Pfahlroste zuwenden zu können.

Rostpfähle oder Piloten. Es werden die Rostpfähle verschieden benannt, je nachdem sie ihrer ganzen Länge nach in den Boden eingetrieben werden, oder nur zum Theil. Werden die Pfähle so eingetrieben, daß sie ganz in dem Boden stecken und der darauf gestreckte liegende Rost noch auf den Baugrund zu liegen kommt, so werden sie Grundpfähle genannt; geschieht dagegen das Eintreiben nur bis zu einem Theil ihrer Länge und es ragt ein Theil der Länge über den Boden hervor, so erhalten die Pfähle den Namen Langpfähle. Pfähle, welche zur Bildung von Wänden eingerammt werden, sind beinahe immer Langpfähle, werden aber in all den Fällen, wo sie zur Herstellung wasserdichter Wände auf irgend eine der bereits erwähnten

Arten ineinandergreifend mit einander verbunden sind, Spundpfähle genannt.

Die Stärke der Rostpfähle hängt theils von ihrer Länge, theils aber auch davon ab, welche Last der einzelne Rostpfahl zu tragen bestimmt ist und aus welcher Holzart der Pfahl besteht. Die zur Herstellung eines Pfahlrostes erforderliche Länge der Pfähle muß durch das Einrammen von Probepfählen ermittelt werden. Als ein geeignetes Verhältniß der Pfahlstärken zu ihren Längen wird angenommen, daß bei Grundpfählen von 10 bis 12 Fuß Länge die Stärke des Pfahles am Kopfe 9 Zoll, und von 15 Fuß Länge die Stärke am Kopfe 10 Zoll betragen soll. Beträgt die Länge der Grundpfähle mehr als 15 Fuß, so wird für je 5 Fuß Länge 1 Zoll Stärke mehr angenommen. Bei Langpfählen nimmt man bis auf die Länge von 15 Fuß ebenfalls eine Stärke von 10 Zollen am Kopfe an, setzt aber für je 5 Fuß Länge mehr eine Stärke von 2 Zollen zu. Bei einer gleichen Länge von 25 Fuß würde hiernach ein Grundpfahl die Stärke von 12 Zollen, ein Langpfahl dagegen die Stärke von 14 Zollen am Kopfe erhalten. Die Stärke von Rostpfählen bestimmen zu wollen allein nach der rückwirkenden Festigkeit der zu den Pfählen zu verwendenden Holzart und darnach, daß die rückwirkende Festigkeit von Rundhölzern im geraden Verhältniß der Würfel ihrer Durchmesser und im umgekehrten Verhältniß der Quadrate ihrer Längen steht, müßte zu ungenügenden Stärken der Pfähle führen, indem die rückwirkende Festigkeit der Hölzer beim Einrammen, wo die durch die Schläge des Rammklotzes entstehenden Fibrationen sich dem ganzen Pfahle mittheilen und eine die Tragfähigkeit des Holzes sehr beeinträchtigende Veränderung durch Trennung der Holzfasern bewirken, sehr vermindert wird. Vorausgesetzt, daß aus Rücksicht auf die Dauer eines Pfahlrostes nur dazu geeignetes festes und nicht zur Fäulniß geneigtes Holz genommen wird, so werden die zu Pfählen bestimmten Stämme geradwüchsig sein müssen, damit die Pfähle sich an der für sie bestimmten Stelle mit Sicherheit

Fig. 47.

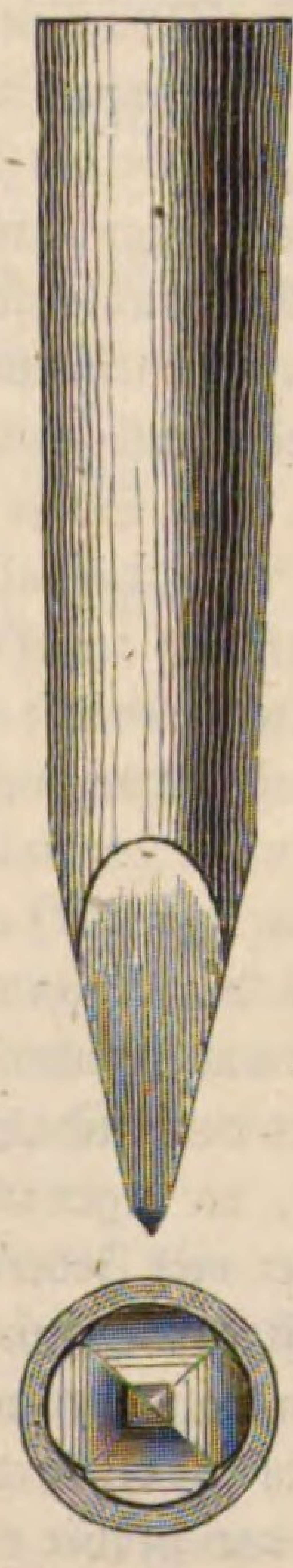
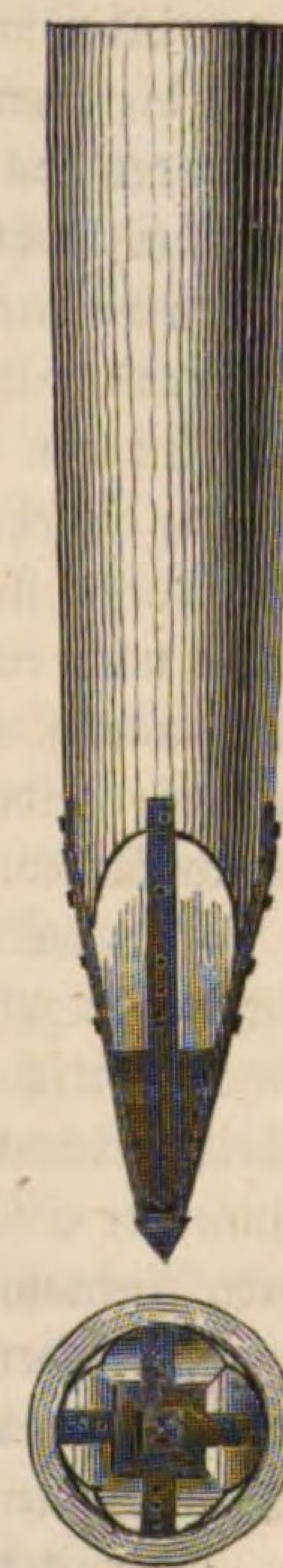


Fig. 48.



gegen nachtheiliges Verrücken eintreiben lassen. Die Tragfähigkeit der Pfähle wird unter allen Umständen vermehrt, wenn der Pfahl von der Spitze, mit der er des leichteren Eindringens in den Boden wegen versehen wird, nach dem Kopfe an Stärke zunimmt; indem die anschließenden Erdschichten zusammengepreßt werden, und in diesem Zustande ja allein schon in all den Fällen einen ausreichenden Widerstand gegen ferneres Eindringen der Pfähle leisten, wo die Pfähle nicht durch die zusammenpreßbaren Bodenschichten hindurch bis auf einen absolut festen Untergrund eingetrieben werden können. Es werden aus diesem Grunde die Pfähle mit dem Wipfelende eingetrieben und zur Erreichung eines gleichmäßigen Zusammenpressens der von den Pfählen durchbrochenen Bodenschichten rund belassen. Damit die Pfähle leichter eindringen, werden sie entrindet und mit einer Spitze versehen. Die Form der Spitze ist in der Regel die einer vierseitigen Pyramide, und es beträgt die Länge des zugespitzten Endes das Anderthalbfache bis Doppelte der unteren Stärke des Pfahles; kann bei leichtem Boden sogar das Dreifache der Stärke ausmachen. Die Pfahlspitze darf nicht scharf auslaufen, muß vielmehr nach Fig. 47 eine stumpfe Pyramide bilden, deren Seiten etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll lang sind. Das Abstumpfen der Spitze wird erst alsdann vorgenommen, wenn die erste Zuspitzung angehauen ist. Die Spitze soll genau senkrecht unter der Kopffläche des Pfahls stehen; es wird deshalb beim Anspitzen des Pfahles zuerst der Länge nach ein Schnurschlag angebracht, nach diesem Schnurschlag der Kopf rechtwinkelig abgeschnitten und die Spitze nach beiden Seiten so zugehauen, daß die beiden Abschrägungen mit der aufgeschnürten Mittellinie gleiche Winkel bilden.

Ist der Baugrund sehr fest und steinig, so daß ein Zersplittern und Schwammigwerden der Pfahlspitzen zu befürchten steht, so werden die Pfahlspitzen mit schmiedeeisernen Schuhen nach Fig. 48 versehen, welche durch aufwärts gerichtete und mit der soliden Spitze des Schuhes aus einem Stück geschmiedete Eisenbänder, die sogenannten Federn, vermittels starker Nägel, zu deren Aufnahme jede der vier Federn zwei bis drei Löcher hat, mit dem Pfahle verbunden werden. Ist der Schuh eines Pfahles aufgepaßt, so müssen die Federn unter der oberen Kante der angehauenen Fläche bleiben, damit der Pfahl beim Rammen, ohne die Federn abzudrängen, heruntergetrieben werden kann.

Damit die Köpfe der Pfähle den Schlägen des Rammklotzes widerstehen können, ohne zu reißen oder schwammig zu werden, beseitigt man durch Abschrägen der Köpfe den leicht trennbaren Splint, und versieht bei festem Boden und bei der Anwendung schwerer Rammklötze überhaupt die abgeschrägten Köpfe mit Eisenringen, welche nach dem Feststehen der Pfähle wieder abgenommen werden.

Wirkt der Rammklotz längere Zeit auf den Kopf eines Pfahles, so wer-

den die Holzfasern umgebogen und zu einer schwammigen Masse zusammengedrückt, und bilden nun eine weiche Unterlage, durch die der Effekt der Ramme geschwächt wird; es muß deshalb, sobald sich dies zeigt, der Pfahlkopf bis auf das feste Holz abgeschnitten, aufs Neue scharf abgeschrägt und mit dem Ringe, welcher stets scharf schließen muß, wieder versehen werden.

Was nun die Tragfähigkeit von Rostpfählen betrifft, so könnten wohl für Langpfähle die Angaben von Eytelwein maaßgebend sein, welcher die Last, die ein freistehender, nur zum Theil eingerammter Holzpfahl zu tragen im Stande ist, durch folgende Formel berechnet haben will, bei der b die Breite, h die Dicke, l die Länge in preußischen Duodecimalzollen und die beigeschriebene Zahl das Gewicht in preußischen Pfunden angibt; und zwar:

Für Pfähle, deren Querschnitt ein längliches Rechteck bildet:

$$\text{Eichenholz } 48520 \frac{bh^3}{l^2}$$

$$\text{Kiefernholz } 61408 \frac{bh^3}{l^2}$$

Für Pfähle mit quadratem Querschnitt:

$$\text{Eichenholz } 48520 \frac{b^4}{l^2}$$

$$\text{Kiefernholz } 61408 \frac{b^4}{l^2}$$

Da aber bei den Hölzern bei einem Druck nach der Länge der Fasern ein Trennern der Fibern stattfindet, so daß bei niedrigen Hölzern ein dem Zerdrücken der Hölzer vorhergehendes Zusammenpressen und ein Ausbauchen in der Mitte, bei langen oder hohen Hölzern zuerst ebenfalls ein Zusammenpressen, welches zuweilen mit Ausbauchen verbunden ist, erscheint und bei vermehrtem Drucke oder bei lange andauerndem Drucke der Körper sich biegt und nach vermehrter Biegung bricht, so ist darauf bei den Langpfählen besonders zu achten. —

Aus den Versuchen, welche Rondelet über die rückwirkende Festigkeit der Hölzer angestellt hat, erfahren wir, daß Holzwürfel, in der Richtung ihrer Längefasern belastet, erst zerdrückt wurden, wenn auf den Quadratcentimètre

bei Eichenholz 384 bis 461 Kilogramme und

bei Kiefernholz 438 bis 461 Kilogramme Belastung wirkte.

Die Zusammenpressung vor dem Zerdrücken betrug bei Eichenholz $1/3$, bei Kiefernholz $1/2$ der Höhe.

Da nun die Widerstandsfähigkeit hölzerner Pfosten oder Pfähle abnimmt, sobald sie anfangen sich zu biegen, und diese Biegung um so eher eintritt, je länger die Hölzer sind, so hängt diese Abnahme von dem Höhenverhältnisse zur Grundfläche ab. Rondelet gibt die Festigkeit der Hölzer gegen das Zer-

drücken in dem Verhältnisse ihrer Höhe zum Querschnitte, wobei er Eichen- und Kiefernholz ganz gleich stellt, in folgender Tabelle an:

Verhältniß der Höhe zum Querschnitte	1.	12.	24.	36.	48.	60.	72.
Verhältniß der Widerstände	1.	$^5/_6$	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_6$	$^1/_{12}$	$^1/_{24}$.
Festigkeit bei Eichen- und Kiefernholz in Kilogrammen auf den Quadratcentimètre	420.	350.	210.	140.	70.	35.	17,5.

Damit diese Untersuchungen Anwendung finden können in der Praxis, gibt Rondelet, unter der Voraussetzung, daß die zu tragenden Lasten unter Umständen das Doppelte und Dreifache der normalen Belastung betragen können, die Regel: daß es gerathen sei, einem eichenen Pfosten oder Pfahl von einer Höhe gleich dem Zehnfachen der Grundfläche nicht mehr als 48 Kilogramme auf den Quadratcentimètre, und von einer Höhe gleich dem Fünfzehnfachen der Grundfläche nicht mehr als 38 Kilogramme auf den Quadratcentimètre Belastung zuzumuthen.

Wird die Tragfähigkeit von Pfosten oder Pfählen zu $^1/_7$ der Zerdrückungsbelastung angenommen, so ergibt sich folgende Tabelle, welche Rondelet zur Bestimmung derjenigen Belastung mittheilt, welche den Hölzern, je nach dem Verhältniß ihrer Höhe zur kleinsten Abmessung ihrer rechteckigen Grundfläche mit Sicherheit zugemuthet werden kann.

Verhältniß der Höhe zur kleinsten Abmessung	1.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	28.	32.	36.	40.
Belastung in Kilogrammen pro Quadratcentimètre	45,0.	44,3	42,0.	39,4.	37,0.	35,0.	32,7.	30,6.	26,0.	22,6.	19,1.	15,4.

Für Rundpfähle könnten, mit Benützung der mitgetheilten Resultate Rondelet's, die Versuche Hodgkinson's über die Widerstandsfähigkeit von Hölzern in Cylinderform gegen das Zerdrücken in der Richtung ihrer Längefasern einigen Anhalt darbieten. Hodgkinson fand durch seine Versuche, welche er an Hölzern in Cylinderform von 25,4 Millimètre Durchmesser und 50,8 Millimètre Höhe, deren Höhe demnach das Doppelte des Durchmessers der Grundfläche betrug, einen Widerstand dieser Hölzer gegen das Zerdrücken, den er in folgender Tabelle für die von ihm untersuchten Holzarten mittheilt.

	Belastung pro Quadratcentimètre, welche das Zerdrücken bewirkt, in Kilogrammen.	
	Holz im gewöhnlichen Zustande der Trockenheit.	Sehr gut ausgetrocknetes Holz.
Eiche . . .	455,679.	706,850.
Buche . . .	543,455.	658,000.
Erle . . .	480,065.	489,120.
Kiefer . .	403,955.	462,847.
Fichte . . .	379,147.	528,346.
Weißtanne	476,550.	512,545.
Lärche . .	224,958.	391,304.
Nußbaum.	426,092.	507,895.

Hodgkinson theilt mit, daß eichene Pfosten, wenn P das Gewicht, welches sie zu tragen im Stande sind, in Kilogrammen, a die kleinste Abmessung, b die größte Abmessung des Querschnitts in Centimètren und l die Länge oder Höhe der Pfosten in Decimètren angibt, eine Tragfähigkeit haben, welche durch folgende Formel ausgedrückt wird, und zwar:

Quadrate Pfosten: P Kilogramm $= 2565 \frac{b^4}{l^2}$

Länglich viereckte Pfosten: P Kilogramm $= 2565 \frac{ab^3}{l^2}$

Da für eingerammte Pfähle deren Tragfähigkeit nur zu $^1/_{10}$ der Belastung angenommen werden darf, welche das Zerdrücken derselben bewirken würde, so möchte nach Hodgkinson

für Pfähle von Eichenholz:

bei quadratischem Querschnitt $P = 256{,}5 \frac{b^4}{l^2}$

bei länglich rechteckigem Querschnitt $P = 256{,}5 \frac{ab^3}{l^2}$

für Pfähle von Kiefernholz:

bei quadratischem Querschnitt $P = 214{,}2 \frac{b^4}{l^2}$

bei länglich rechteckigem Querschnitt $P = 214{,}2 \frac{ab^3}{l^2}$

als die praktische Formel für die Berechnung der Last anzunehmen sein, welche die Pfähle mit zehnfacher Sicherheit tragen.

Wie tief die Pfähle und mit welchem Gewichte sie eingetrieben werden müssen, hängt einestheils von der Beschaffenheit des Grundes, anderntheils aber auch von der Last ab, welche bei einer Gründung dem einzelnen Rostpfahle zukommt. Im Allgemeinen wird angenommen, daß das Gewicht, mit welchem der Rammklotz beim Rammen auf den Pfahlklotz wirkt, das Doppelte sein soll von dem Gewichte, welches der eingerammte Pfahl zu tragen bestimmt ist, und daß das Einrammen mit einem unveränderten Gewichte des Rammklotzes und mit gleicher Hubhöhe so lange fortgesetzt werden soll, bis der Pfahl gar nicht mehr oder nach jeder Hitze nicht mehr als 1 bis $1^1/_2$ Linien zieht. Bei der Gründung sehr schwerer Gebäude betrachtet man die Rostpfähle erst dann als absolut feststehend, wenn jeder Pfahl nach drei unmittelbar aufeinander folgenden Hitzen nicht tiefer als 1 bis $1^1/_2$ Linien eindringt. Voraus bestimmen und dies in Tabellen mittheilen zu wollen, wie viel ein Pfahl bei einer gewissen Schwere des Rammklotzes und einer dieser Schwere entsprechend angenommenen Hubhöhe ziehen darf, um ein bestimmtes Gewicht mit aller Sicherheit zu tragen, widerspricht durchaus den Erfahrungen, welche man bei

Gründungen zu machen vielfach Gelegenheit hatte, wo entweder bei Boden von ganz gleicher Beschaffenheit das Ziehen der Pfähle überaus verschieden war, bewirkt durch die geringste Abweichung in der Stärke und dem Wuchse derselben; oder wo bei Boden von ungleicher Beschaffenheit das Ziehen der Pfähle ein durchaus verschiedenes sein mußte, sobald die Erdschichten, durch welche der Pfahl getrieben wurde, verschieden waren. Bei Boden von ungleicher Beschaffenheit ist die Erscheinung nicht selten, daß ein Pfahl durch das Rammen in der Weise, daß die Hitzen, regelmäßig durch Pausen von gleicher Dauer getrennt, aufeinanderfolgen, bis zum absoluten Widerstande feststehend wird und bei der Anwendung einer vollen Hitze nicht mehr zieht als 1, höchstens $1^1/_2$ Linien; — wird aber nach einigen Tagen die Ramme wiederholt auf den Pfahl angewendet, so zieht derselbe auf's Neue und dringt bei einer Hitze mehrere Linien, oft sogar Zolle ein.

Es geht daraus hervor, daß von vornherein nicht festgesetzt werden kann, wie tief ein Pfahl von einem gewissen Gewichte, wenn darauf ein Rammklotz von einem gewissen Gewichte mit bestimmter Hubhöhe angewendet wird, noch in den Boden eindringen darf bei drei aufeinander folgenden Hitzen, um eine gewisse Last mit Sicherheit zu tragen. Der Arbeiter, welcher mit der Leitung der Rammarbeit beauftragt ist, und Rammmeister heißt, erkennt am besten an der regelmäßigen oder unregelmäßigen Abnahme des Ziehens der Pfähle, wie weit mit der Ramme fortgefahren werden kann, um den verlangten festen Stand der Pfähle zu erreichen, oder ob es nöthig wird, die Rammarbeit durch eine Ruhe von mehreren Tagen zu unterbrechen, und dann erst wieder die Arbeit bis zum absoluten Feststehen der Pfähle fortzusetzen.

Es ist immer zweckmäßig über die Rammarbeit ein genaues Tagebuch (Rammregister) zu führen, worin für jeden Pfahl die Anzahl der zum Heben des Rammklotzes erforderlichen Arbeiter, die Länge, Stärke und Beschaffenheit des Pfahls, das Gewicht und die Hubhöhe des Rammklotzes, die auf das Eintreiben desselben verwendete Anzahl von Rammhitzen, sein Eintreiben oder Ziehen bei jeder Hitze, sowie die auf das Einrammen bis zum absoluten Widerstande erforderlich gewesene Zeit, eingeschrieben wird, um nicht nur Erfahrungen bezüglich der Zeit- und Preisbestimmungen für Rammarbeiten zu haben, sondern auch um unerwartete oder etwa unvorhergesehene Wirkungen im Gründen mit Pfählen daraus in anderen Fällen mit einiger Sicherheit beurtheilen zu können.

Da bei den Pfahlrosten immer zwei oder mehrere Reihen von Pfählen hinter- oder nebeneinander eingerammt werden, so fragt es sich: ob die inneren Pfahlreihen zuerst eingerammt werden, oder ob mit dem Einrammen der äußeren Pfahlreihen der Anfang gemacht, und ob demnach erst nach dem erfolgten Eintreiben der äußeren Pfahlreihen die Pfähle der inneren Reihen eingetrieben

werden sollen. Das Letztere verdient unbedingt den Vorzug, indem durch das Einrammen der äußeren Pfahlreihen der Boden nach der Mitte des davon begrenzten Raumes von beiden Seiten gleichmäßig zusammengepreßt wird, so daß die hier einzutreibenden Pfähle einen festeren Stand in ungleich geringerer Tiefe erhalten. Werden die inneren Pfahlreihen zuerst eingerammt, so ist davon die unausbleibliche Folge, daß die Pfähle der äußeren Pfahlreihen an dem nach der Mitte hin stärker zusammengepreßten Boden einen größeren Widerstand finden als nach außen hin, und nun beim Einrammen, wo sie immer in senkrechter Stellung erhalten werden, den nach innen stärker comprimirten Boden seitlich verdrängen und so ein Heben und Lockerwerden der inneren Pfähle veranlassen.

Es muß demnach ein nochmaliges Rammen der mittleren Pfahlreihen vorgenommen werden, wenn sie der darauf gebrachten Belastung ihren absoluten Widerstand entgegensetzen, sich durch die Belastung nicht setzen sollen.

Es kann der Fall eintreten, daß Pfähle auf Felsen treffen und zur Erhaltung ihrer Stabilität noch zum Theil in den Felsen eingerammt werden müssen. Hat sich dies beim Einrammen der Probepfähle, welche vor jeder Pfahlgründung zur Untersuchung des Bodens eingeschlagen werden müssen, ergeben, so müssen vor dem Eintreiben der Rostpfähle die zur Aufnahme der Pfahlspitzen und Pfahlenden erforderlichen Löcher, die einen etwas kleineren Durchmesser erhalten wie die Pfähle, in dem Felsen vorgebohrt werden. Unterbleibt dieses Vorbohren, so werden die Pfähle durch das Eintreiben in den Felsen zersplittert und umgebogen, und es entsteht dann der Nachtheil, daß die Pfähle weder einen festen Stand haben, noch dem Drucke des auf den Pfahlrost gegründeten Bauwerkes auf die Dauer widerstehen können.

Nach der Betrachtung der zum Einrammen der Rostpfähle in Anwendung kommenden Vorrichtungen und der Rostpfähle selbst wollen wir das bei dem Pfahlrammen zu beobachtende Verfahren in Kürze erwähnen.

Ist die Baugrube für den anzulegenden Pfahlrost in der vorgeschriebenen Tiefe ausgegraben und der Stand des einzurammenden Pfahles nach dem Rostplane bezeichnet, so wird für den Pfahl die Erde weiter so tief ausgegraben, als es die Beschaffenheit des Bodens zuläßt. Dann wird der Pfahl aufgezogen, bis man ihn unter dem Rammklotze mit den Läufern der Ramme befestigen, ihn einschließen kann, weshalb bei sehr langen Pfählen die Rammen noch auf besonderen Gerüsten erhöht werden müssen. Ist der Pfahl durch Drehen und Fallenlassen noch etwas in den Boden eingetrieben, so wird er durch eine leicht anzuschließende und leicht zu lösende Schlinge eines Seiles oder durch eine Kette an den Läufer befestigt (angeflort), einmal einige Fuß unter dem Kopfe und einmal in der Mitte des Pfahles. Ist dies geschehen und der Pfahl ist gerichtet, so beginnt das Rammen, anfangs mit schwachen

und nicht schnell aufeinanderfolgenden Schlägen, welche nach und nach verstärkt und schnell aufeinanderfolgend angewendet werden. Der Pfahl wird beim Fortsetzen der Rammarbeit auf $^1/_3$ seiner Höhe von unten gerechnet, mit Seilen oder Ketten so umgeben, daß man ihn vermittelst durchgesteckter Hebel richten und in der Richtung, in der er eingetrieben werden soll, erhalten kann. Um die Richtung ablothen (senkeln) zu können, werden auf dem Pfahl seiner Länge nach auf der Zulage drei parallel mit der Axe geführte Schnürschläge gemacht, welche beim Ablothen mit der Lothschnur und der Pfahlmitte zusammentreffen müssen.

Zum Ziehen des Rammklotzes wählt man junge und rüstige Arbeiter (Zugknechte) und stellt sie auf dem Rammgerüste (Rammstube) in einen Kreis, oder bei sehr schwerem Rammklotze (Rammbär) in zwei oder drei Kreise, die größeren in die äußeren, die kleineren in die inneren, so auf, daß die Zugseile für jeden Arbeiterkreis eine möglichst gleiche Länge erhalten. Es muß der Kreis der mit den Gesichtern nach innen gerichteten Arbeiter so enge geschlossen sein, als es die Bequemlichkeit beim Ziehen zuläßt, und die Zugleinen müssen möglichst lang, also möglichst hoch am Kranztaue angebracht sein. Die Arbeiter dürfen den Rammklotz nicht langsam und gemächlich, sie müssen ihn nach dem Takte des Rammmeisters (Schwengmeisters) schnell und am Ende eines jeden Zuges mit einem Ruck so anziehen, daß er wenigstens 5 bis 6 Fuß hoch geschnellt wird. Geschieht so der Zug mit beschleunigter Bewegung, so muß der Rammklotz noch höher steigen. Die Arbeiter halten den Knebel des Zugseiles in beiden Händen so, daß der Handknöchel im Zuge nach oben bleibt, und führen denselben, anfangs mit ausgestreckten Armen, dann die Arme an den Körper ziehend, zwischen die auseinander gestellten Beine, worauf sie sogleich und Alle zusammen in einem Takte die Leine, aber nicht den Knebel, loslassen.

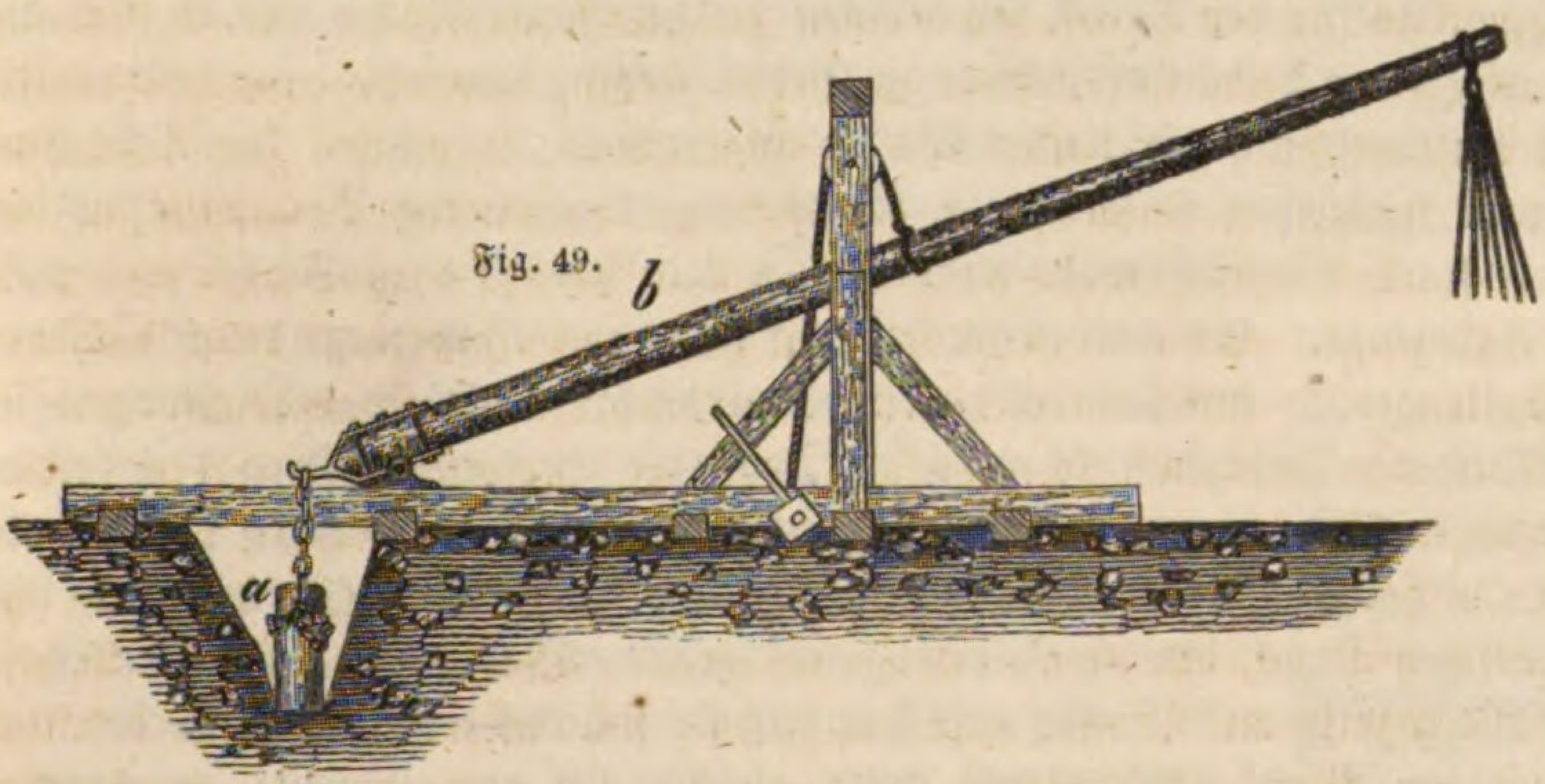
Eine Hitze macht 15 bis 30 unmittelbar aufeinanderfolgende Schläge aus, wobei der Rammmeister taktmäßig zählt oder durch Ausruf den Anfang der Hitze mit: hoch! — auf!, das Ende derselben aber mit: halt! — hopp! angibt. Nach einer Hitze von 30 Schlägen folgt eine Pause (Ruhe) von 30 Secunden. Während der Pause ruhen die Arbeiter und es kommt die vom Schlagen entstandene zitternde Bewegung des Bodens und des Pfahles, beides dem Eintreiben hinderlich, in Ruhe, und der Pfahl dringt wieder leichter ein.

Ausziehen der Pfähle. Wenn an der Baustelle, wo eine Pfahlrostgründung vorgenommen werden soll, alte, zur Gründung unbrauchbare Pfähle bereits im Grunde stecken, die entfernt werden müssen; wenn Rostpfähle ihrer schlechten Beschaffenheit wegen nicht gehörig eindringen oder beim Rammen unbrauchbar werden; oder wenn Gerüst- oder Fangdammpfähle nach Beendigung des Bauwerks entfernt werden müssen, so ist man genöthigt, eingerammte Pfähle wieder auszuziehen. Beim Ausziehen eingerammter Pfähle müssen die-

selben durch Schläge oder durch die Wirkung der zum Ausziehen dienenden Vorrichtung selbst erschüttert werden, und es wird durch das Auflockern des Erdbodens um den Pfahl die Arbeit sehr erleichtert. Ist die Baustelle frei, so besteht das einfachste Mittel zur Ausübung eines sehr starken und mit Erschütterung des Pfahles verbundenen Zugs in der Anwendung eines starken und schweren Hebels, wozu ein Balken, der Wuchtbaum heißt, dient.

Den Stützpunkt für den Wuchtpfahl bringt man so nahe als möglich an dem auszuziehenden Pfahl an; er besteht aus einem quer vorgelegten Balken, oder aus einem eingerammten Pfahl, oder er wird, wo beides nicht anwendbar ist, durch einen vor dem auszuziehenden Pfahle errichteten, durch Schraubenbolzen fest verbundenen Rahmen aus Eichenholz gebildet. Zum Aufheben des hinteren, längeren Hebelarmes wird ein Bockgerüste aufgestellt und daran ein Flaschenzug oder eine Rolle angebracht, über welche das zum Aufheben dienende Zugseil geführt wird. Ist der längere Hebelarm gehoben und da-

Fig. 49.



durch der kürzere Hebelarm möglichst tief herabgesunken, so wird das Ende des letzteren mit dem Kopfe des auszuziehenden Pfahls durch eine Kette verbunden, welche gleich anfangs straff angezogen wird, damit der hintere Theil des Wuchtbaums nicht zu tief herabsinkt, bevor er er einen Zug bewirkt hat. Ist dies geschehen, so steigen einige Arbeiter auf den Wuchtbaum, und, nach dem Ende des längeren Hebelarmes vorschreitend, ziehen sie, während andere Arbeiter Seile oder Taue darum geworfen haben und diese anziehen, vereint den Wuchtbaum in der Art herab, daß ein starkes Schwanken eintritt, wodurch sich die Wirkung desselben vergrößert.

Eine wesentliche Verbesserung des Wuchtbaumes besteht darin, daß man den kürzeren Hebelarm an seinem Ende mit einem Eisenhaken versieht, welcher in die Zugkette eingreift, und daß man außerdem an dem Wuchtbaum eiserne Pfannen anbringt, welche auf eisernen Axen ruhen, die zugleich die

Stützpunkte bei der Umdrehung sind. Eine sehr einfache und zweckmäßige Hebelmaschine mit Wuchtbaum stellt Fig. 49 dar. Der Pfahl *a* ist mit einer Kette umschlungen und mit dieser an den Haken des herabgebrachten Endes von dem kürzeren Hebelarme des Wuchtbaumes *b* befestigt. Der Wuchtbaum hat eine eiserne feste Drehaxe, welche auf eisernen Pfannen läuft. Ist der längere Hebelarm des Wuchtbaumes mit dem hinteren Ende, wo Zugseile befestigt werden, heruntergezogen, so wird er mit der unter den Schwellen des Gerüstes angebrachten Winde durch ein Seil, welches über eine oben angebrachte Rolle geführt ist, wieder aufgezogen und dadurch das mit dem Haken versehene Ende des kürzeren Hebelarmes wieder herabgebracht. Ist die Kette verkürzt, so wird der längere Hebelarm wieder herabgezogen und fortgesetzt diese Manipulation so lange wiederholt, bis der Pfahl ohne weitere Anwendung des Wuchtbaumes von Hand herausgenommen werden kann.

Die Anwendung des Wuchtbaumes ist, da sie eine feste Unterlage des Stützpunktes für den Hebel, sowie einen ausgedehnten Raum zur Aufstellung voraussetzt und beide nicht immer zu Gebote stehen, immerhin eine beschränkte. Sind einzelne Pfähle in tiefem Wasser eingerammt, so müssen zur Aufnahme der zum Ausziehen derselben in Anwendung kommenden Vorrichtungen besondere starke Gerüste erbaut werden, oder man benützt dazu Schiffe oder kleinere Fahrzeuge. Es werden im letzteren Falle zwei Fahrzeuge durch ein starkes Balkengerüste miteinander verbunden und darauf die Zugvorrichtungen in der Mitte der Fahrzeuge so aufgestellt, daß die Zugkette zwischen den beiden Fahrzeugen hindurchgeführt wird. Da die Zugvorrichtung allein selten ausreicht, um fest eingerammte Pfähle auszuziehen, so benützt man noch den hydrostatischen Druck, den die Fahrzeuge erfahren. Man läßt zu diesem Behufe die Fahrzeuge so mit Wasser anfüllen, daß sie sich tief einsenken, und befestigt die um den Pfahl geschlungene Kette an die auf dem Gerüste angebrachte Winde oder andere Zugvorrichtung; sobald nun das in die Fahrzeuge eingelassene Wasser wieder ausgeschöpft wird, heben sich dieselben und damit den Pfahl, welcher mit einer sehr starken Kraft durch die sich hebenden Fahrzeuge aufwärts gezogen wird. Es leuchtet ein, daß man dasselbe Verfahren in Anwendung bringen kann, ohne daß man sich dabei zugleich einer Windevorrichtung bedient.

Ein noch einfacheres Verfahren, um Pfähle, welche tief unter Wasser eingerammt sind, auszuziehen, besteht darin:

Man bringt ein fest gebautes, wo möglich flaches Fahrzeug über den Pfahl und befestigt denselben mit einer Kette am Spill des Fahrzeugs; bringt sodann einen schweren Ballast auf den vorderen Theil des Fahrzeugs und zieht die Kette fest an. Ist dies geschehen, so wird der Ballast auf den entgegengesetzten hinteren Theil des Fahrzeuges gerollt und wie sich dadurch der hintere

Theil senkt, hebt sich der vordere Theil und zieht den daran befestigten Pfahl mit herauf.

Es sind verschiedene andere mechanische Vorrichtungen in Verbindung mit Flaschenzügen, Erdwinden oder vertikalen Schrauben in Vorschlag gebracht und angewendet worden; es haben sich dieselben aber weniger bewährt als die erwähnten.

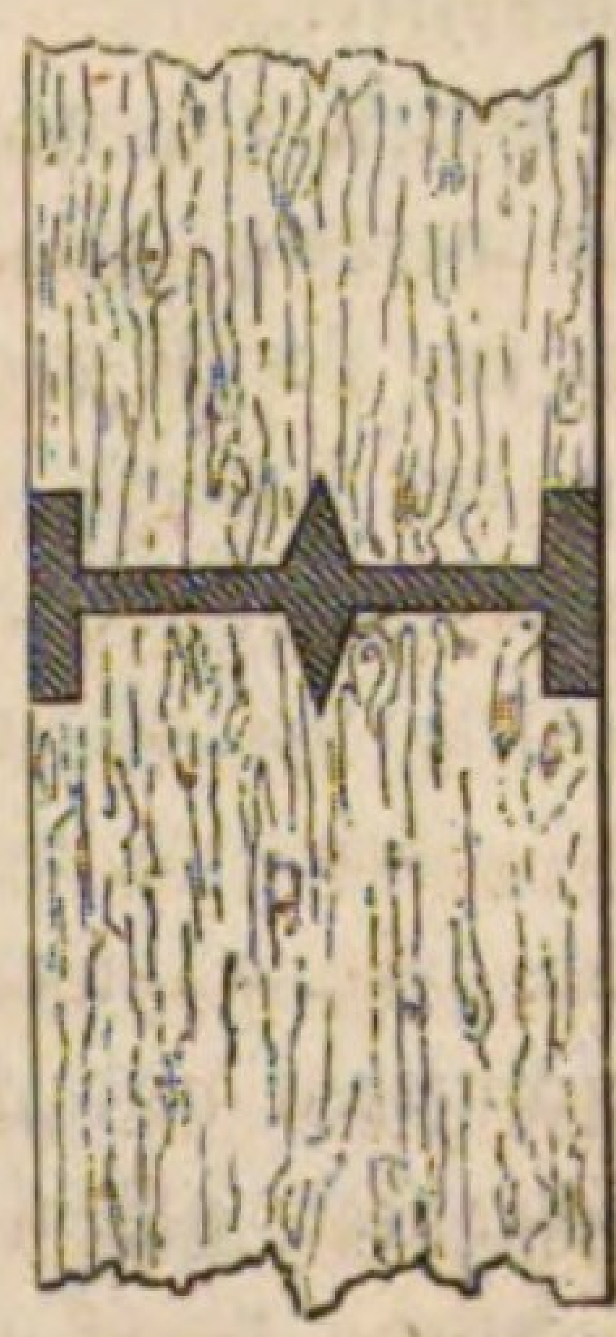
Aufpfropfen der Pfähle. Es kann vorkommen, daß die Länge eines Pfahles nicht ausreicht, um damit beim Einrammen bis zu dem festen Stande desselben die erforderliche Tiefe zu erreichen; in diesem Falle muß oben ein Pfahlstück aufgesetzt und mit dem unteren Pfahle verbunden (aufgepfropft) werden. Die Hirnflächen (Anstöße) beider Theile müssen genau winkelrecht auf die Axe des Pfahles treffen und sauber bearbeitet, am besten gehobelt sein. Man wendet mehrere Arten der Verbindung beider Pfahlstücke an. Die einfachste Verbindung ist zugleich die zweckmäßigste und besteht darin, daß man um die Pfahlstücke an der Stoßfläche einen starken, 3 bis 4 Zoll breiten Eisenring legt, welcher, zur Hälfte seiner Breite in jeden der miteinander zu verbindenden Theile übergreifend, beide Theile umschließt und nach seiner ganzen Dicke in dieselben eingelassen ist, somit nicht vor die Oberfläche des Pfahles vorsteht. Zur Sicherung des festen Anschlusses der beiden Stoßflächen kann zu dem Eisenringe nach Fig. 50, welche zwei miteinander derart verbundene Pfahlstücke mit Durchschnitt vorstellt, noch ein doppelter Spitznagel hinzugefügt werden, welcher genau in der Mitte des Pfahles nach vorherigem Vorbohren eingesetzt wird. Die beiden Pfahlstücke durch Kreuzzapfen von einiger Länge miteinander zu verbinden, kann so wenig, wie jede andere Verbindung, wo die beiden Pfahlenden ineinander übergreifen, empfohlen werden, weil bei derartigen Verbindungen durch die Einwirkung der Ramme eine Trennung der Pfahlstücke an der Verbindungsstelle dadurch entstehen muß, daß der Stoß nicht alle Theile der ineinandergreifenden Stoßflächen gleichmäßig trifft. Erscheint bei Pfählen, welche weit von dem Boden aufgepfropft werden müssen, eine Verbindung nöthig, welche sich auf eine größere Länge über die Anstöße hinaus über beide Theile erstreckt, als der darum gelegte Ring, so kann diese Verbindung durch drei oder vier senkrechte Eisenbänder hergestellt werden, welche über den eingelassenen Ring gelegt und durch Krampen an beiden Enden und davor geschlagene starke Nägel mit den beiden Pfahltheilen verbunden werden.

Fig. 50.

a



b



Werden aufgepfropfte Pfähle mit Anwendung eines sehr schweren Rammklotzes eingerammt, so wendet man, zur Vermeidung des Ineinanderpressens des Hirnholzes an den Stoßflächen eine Eisenscheibe an, welche zwischen die beiden Stoßflächen gebracht und sammt dem Ringe und den beiden pyramidalen Spitznägeln in der Mitte entweder aus einem Stücke gegossen, am besten aber aus einem Stücke geschmiedet wird. Werden zur Verlängerung dieser Verbindung noch senkrechte Eisenbänder über den Ring gelegt, so können diese mit dem letzteren vernietet oder verschraubt werden.

Schwellen der Pfahlroste. Nehmen wir als Regel an, daß der Pfahlrost zur Unterstützung des darauf ruhenden Mauerwerks eine horizontale Ebene bilden muß, und daß nur bei Bauwerken, welche einem horizontalen Schub zu widerstehen haben, die Stoßfläche eine Neigung erhält, so daß der Rost normal steht auf der Richtung des zusammengesetzten Druckes, so werden wir nur die abweichenden Anordnungen in Bezug auf das Legen der Rostschwellen und die Mittel zu betrachten haben, welche angewendet werden, um das Auflockern des von den Rostpfählen umschlossenen und durch deren Eintreiben zusammengepreßten Bodens zu verhindern.

Allgemein üblich ist es, daß die Längeschwellen des Rostes unmittelbar auf die Pfähle zu liegen kommen und mit denselben durch Zapfen verbunden werden, und daß auf die Längeschwellen die Querschwellen in rechtwinkeliger Durchkreuzung angebracht und mit den ersteren durch eine Ueberblattung an den Kreuzungsstellen zu einem fest zusammenhängenden Geschwelle verbunden werden. Da die Rostpfähle stets in gleicher Entfernung, sowohl der Breite als der Länge des Rostes nach, von einander eingeschlagen und die Querschwellen, der sicheren Unterstützung wegen, immer senkrecht über den Rostpfählen mit den Längeschwellen gekreuzt werden, so entstehen bei geraden oder sich rechtwinkelig schneidenden Mauern stets quadrate Rostfelder.

Aehnlich wie bei dem liegenden Roste werden die Querschwellen entweder nach Fig. 51 und 52 an den Durchkreuzungen auf die Hälfte ihrer Höhe ausgeschnitten und ebenso die Längeschwellen, wodurch die oberen Flächen beider Schwellen bündig werden und das darüber angebrachte Bohlenbeleg in der Richtung der Querschwellen darüber ununterbrochen hinweggelegt wird; oder es werden nach Fig. 53 und 54 sowohl die Quer- als auch die Längeschwellen an den Kreuzungen nur auf den vierten Theil ihrer Höhe und weniger ausgeschnitten, wodurch die Querschwellen oben um die Hälfte ihrer Dicke über die Längeschwellen vorstehen, und das Bohlenbeleg wird nur zwischen den Querschwellen angebracht und mit den Längeschwellen vernagelt.

Da durch das Ausschneiden beider Schwellen auf ihre halbe Stärke nach Fig. 51 und 52 eine wohl zu berücksichtigende Schwächung des Rostes entsteht, so wird die in Fig. 53 und 54 dargestellte Construction, bei welcher die

Fig. 51.

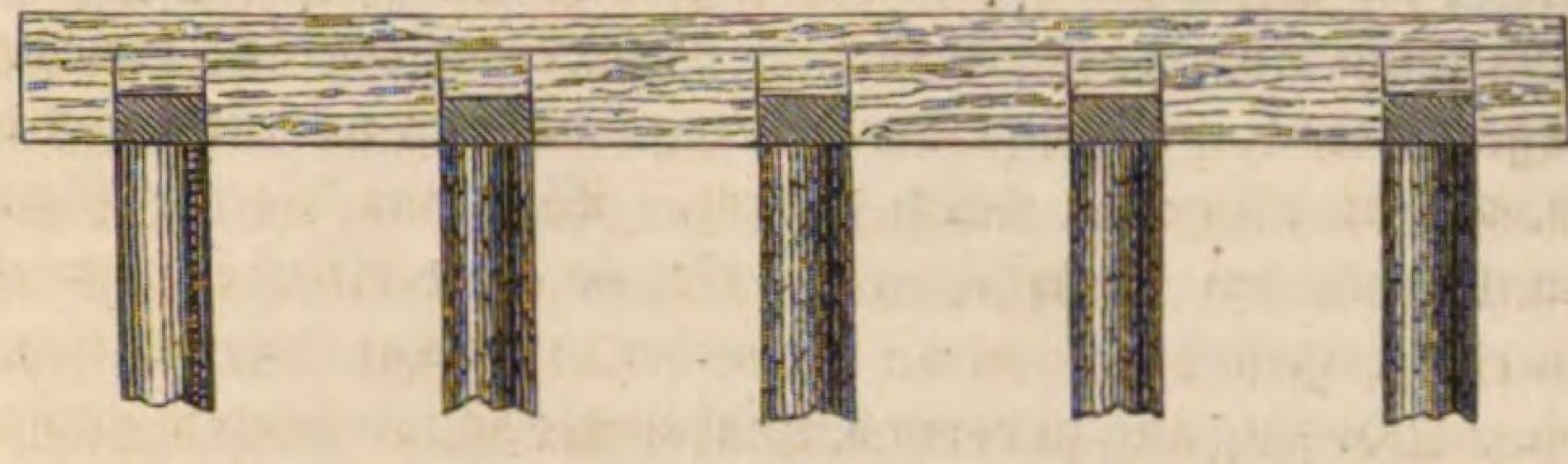


Fig. 52.

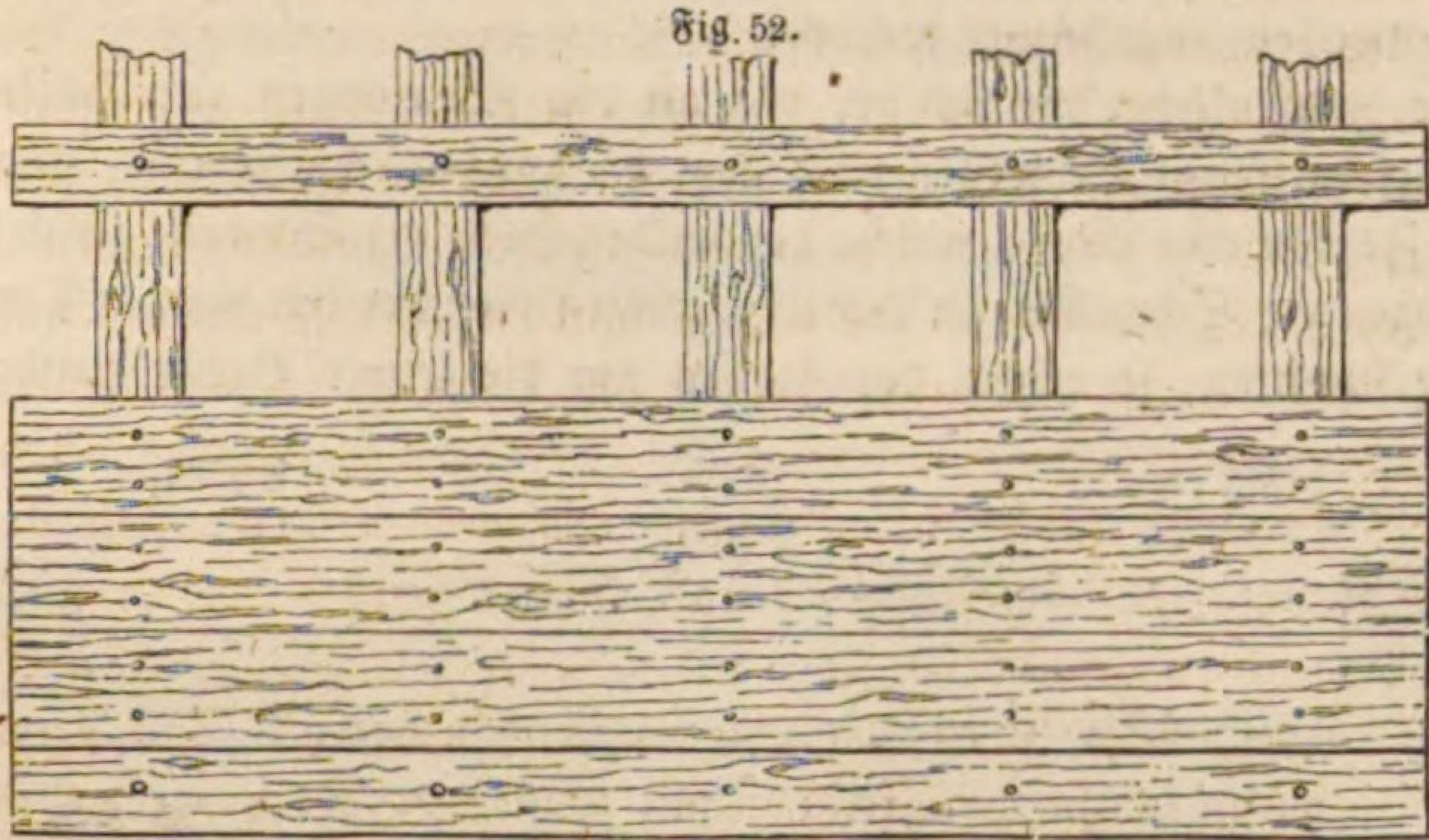


Fig. 53.

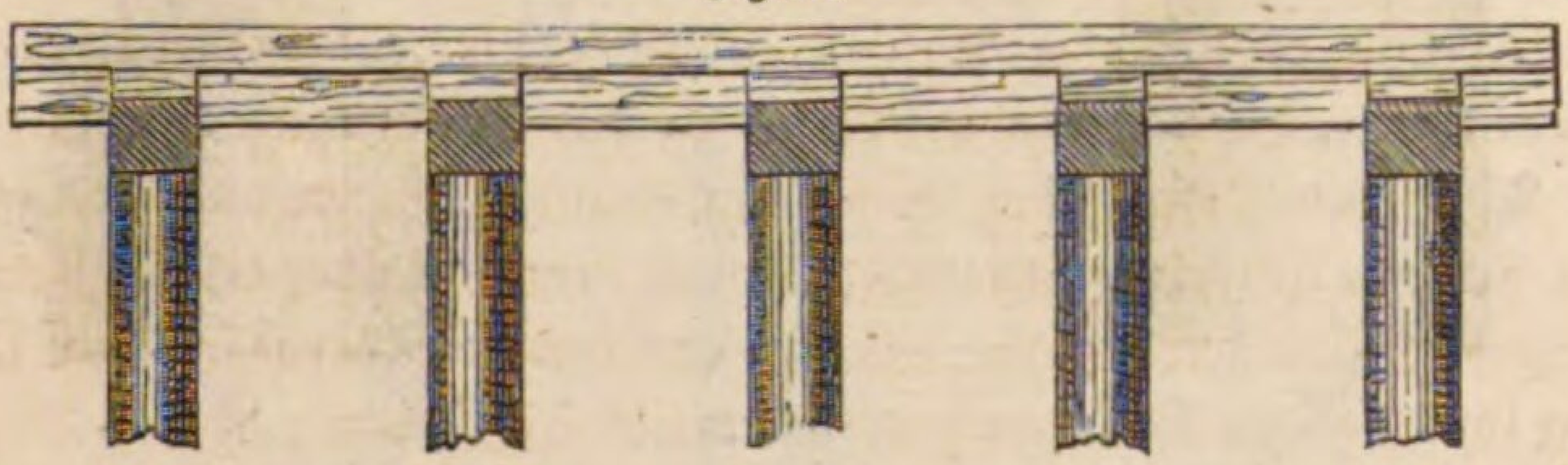
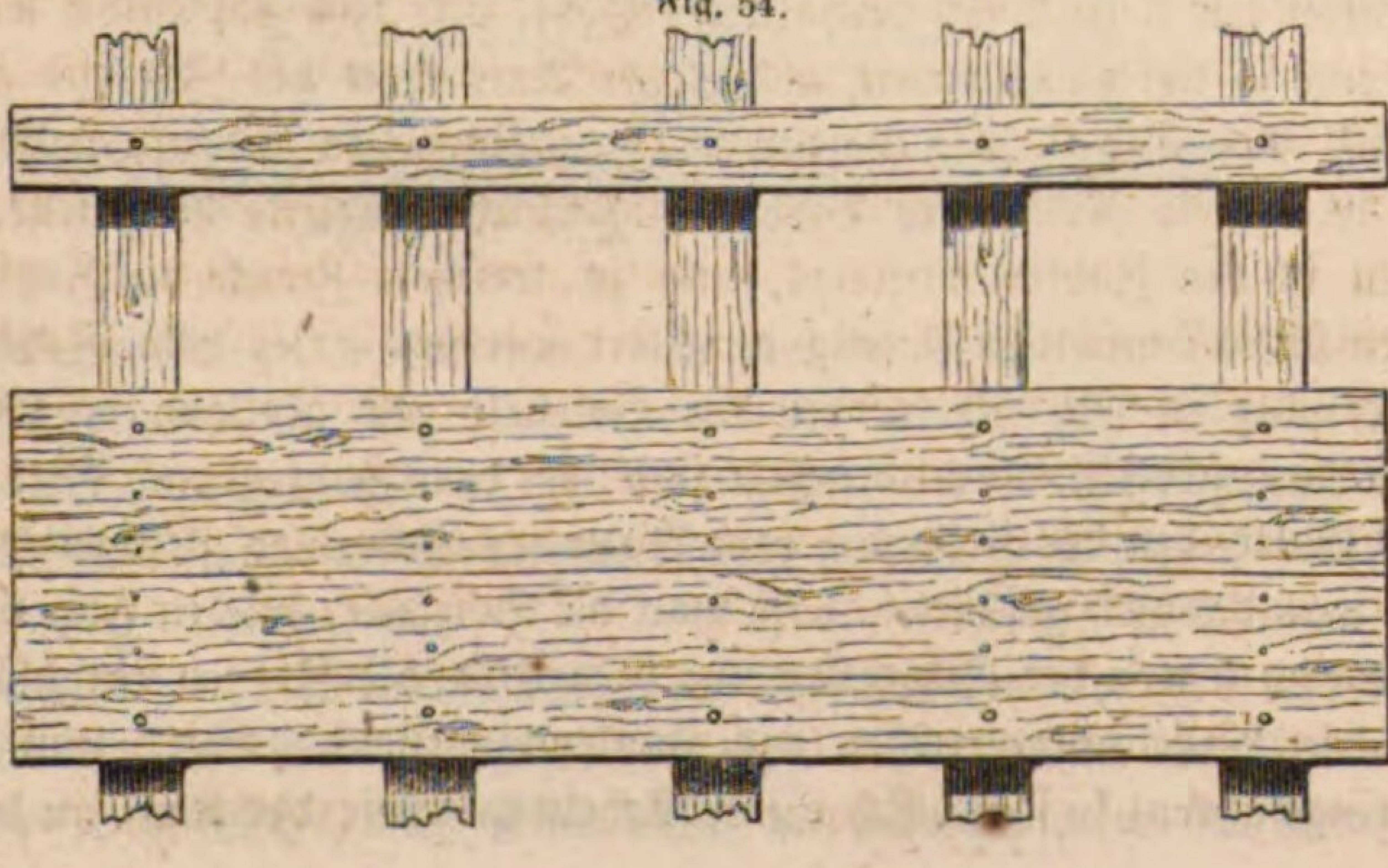


Fig. 54.



Einschnitte in die Schwellen nur so tief angebracht werden, daß das zwischen den Querschwellen angebrachte Bohlenbeleg mit der Oberfläche derselben bündig zu liegen kommt, unbedingt den Vorzug verdienen und sich noch dadurch empfehlen, daß sie billiger zu stehen kommt. Was nun die Befestigung der Längeschwellen mit den Rostpfählen betrifft, so wird dieselbe allgemein vermittelst Zapfen hergestellt, welche an die vorher in gleicher Höhe abgeschnittenen Pfahlköpfe angebracht, und zu deren Aufnahme die entsprechenden Zapfenlöcher in die Schwellen eingestemmt werden.

Die Zapfenlöcher werden bei den an den Kreuzungen zur Hälfte ihrer Höhe überschnittenen Schwellen nach Fig. 55 ganz durchgestemmt, und es erhält der Zapfen eine Länge, welche der halben Höhe der Schwelle gleich kommt; sind dagegen die Schwellen an den Kreuzungen nur um den vierten Theil ihrer Höhe überschnitten, so erhält der Zapfen nur die seiner Breite entsprechende

Fig. 55.

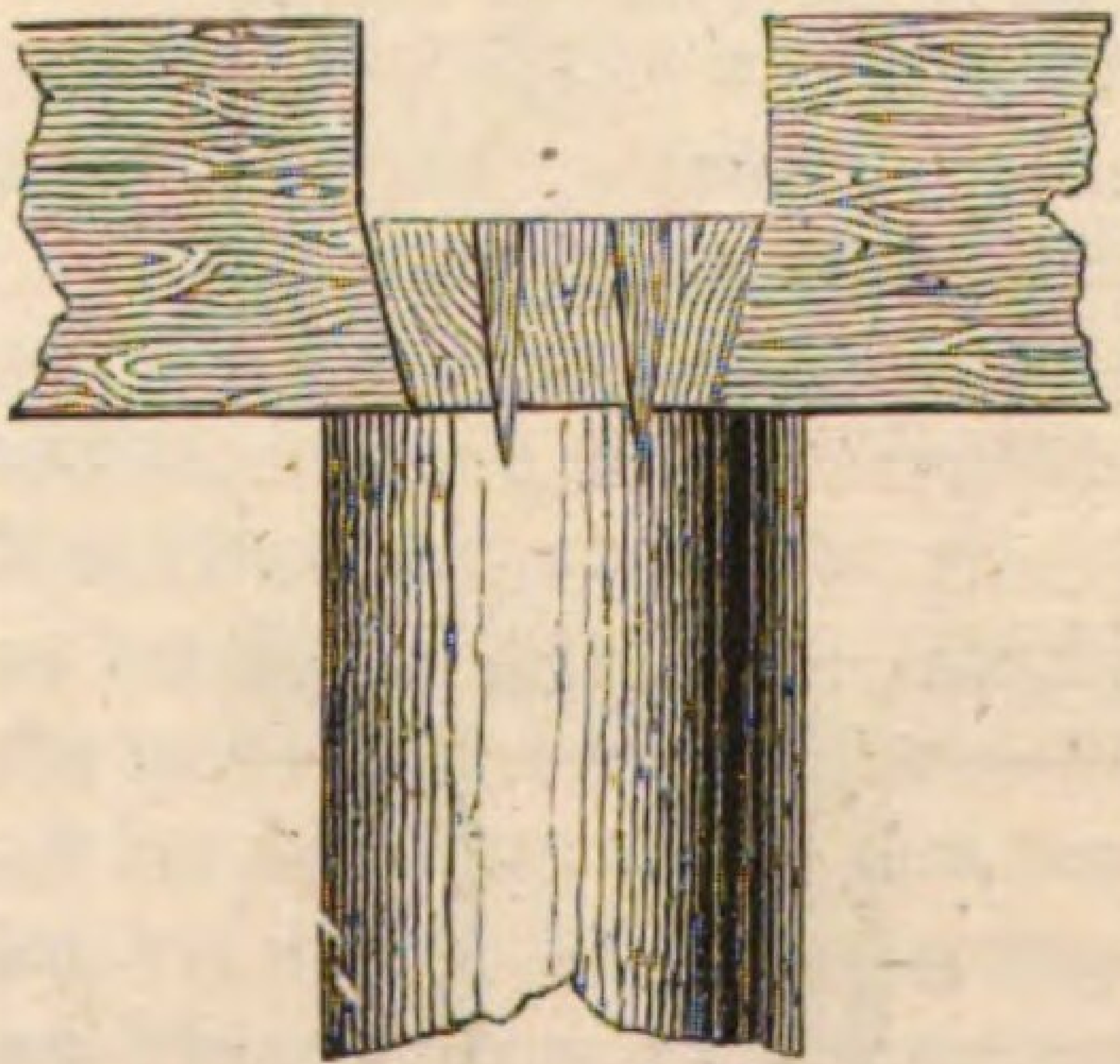
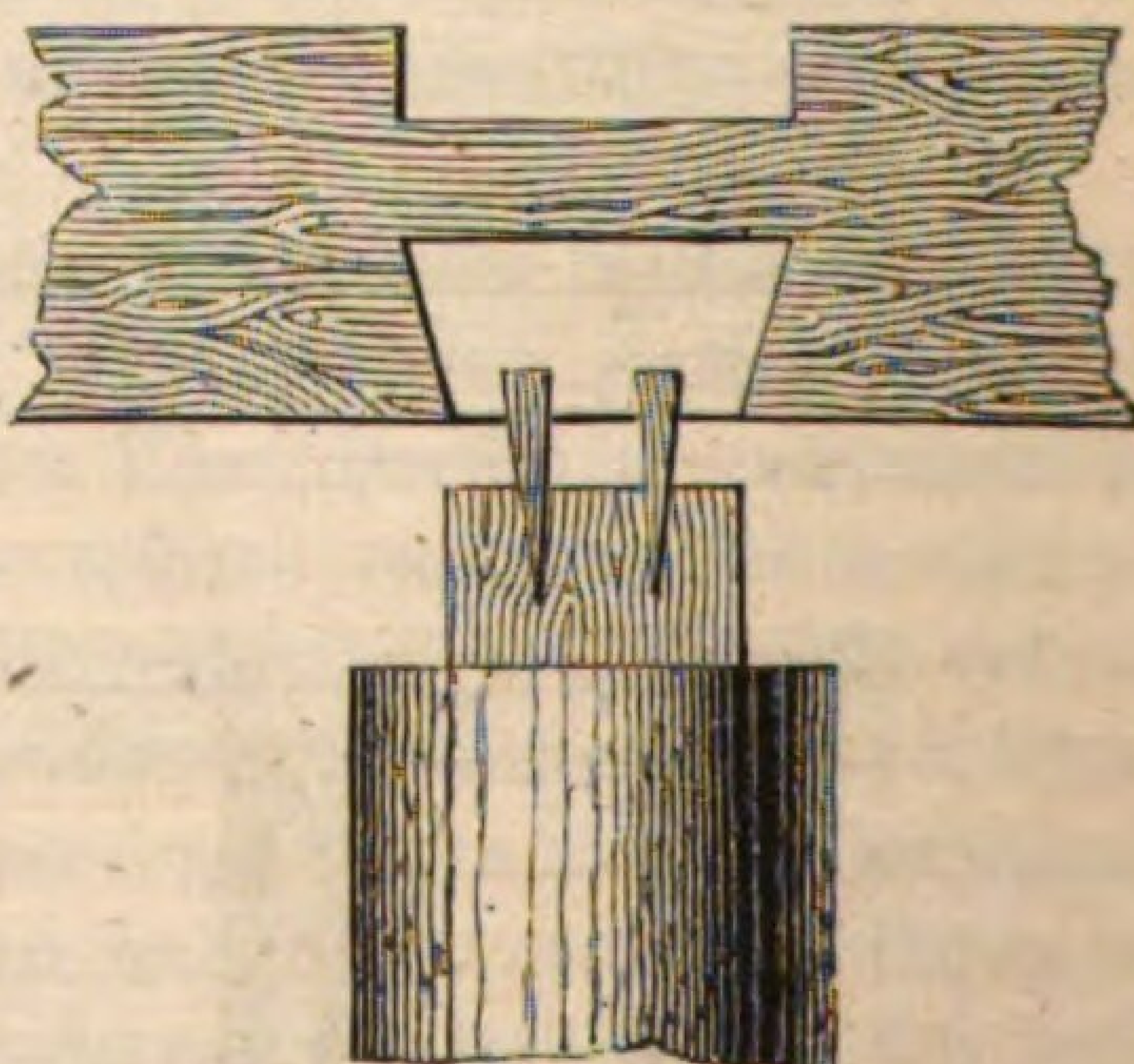


Fig. 56.



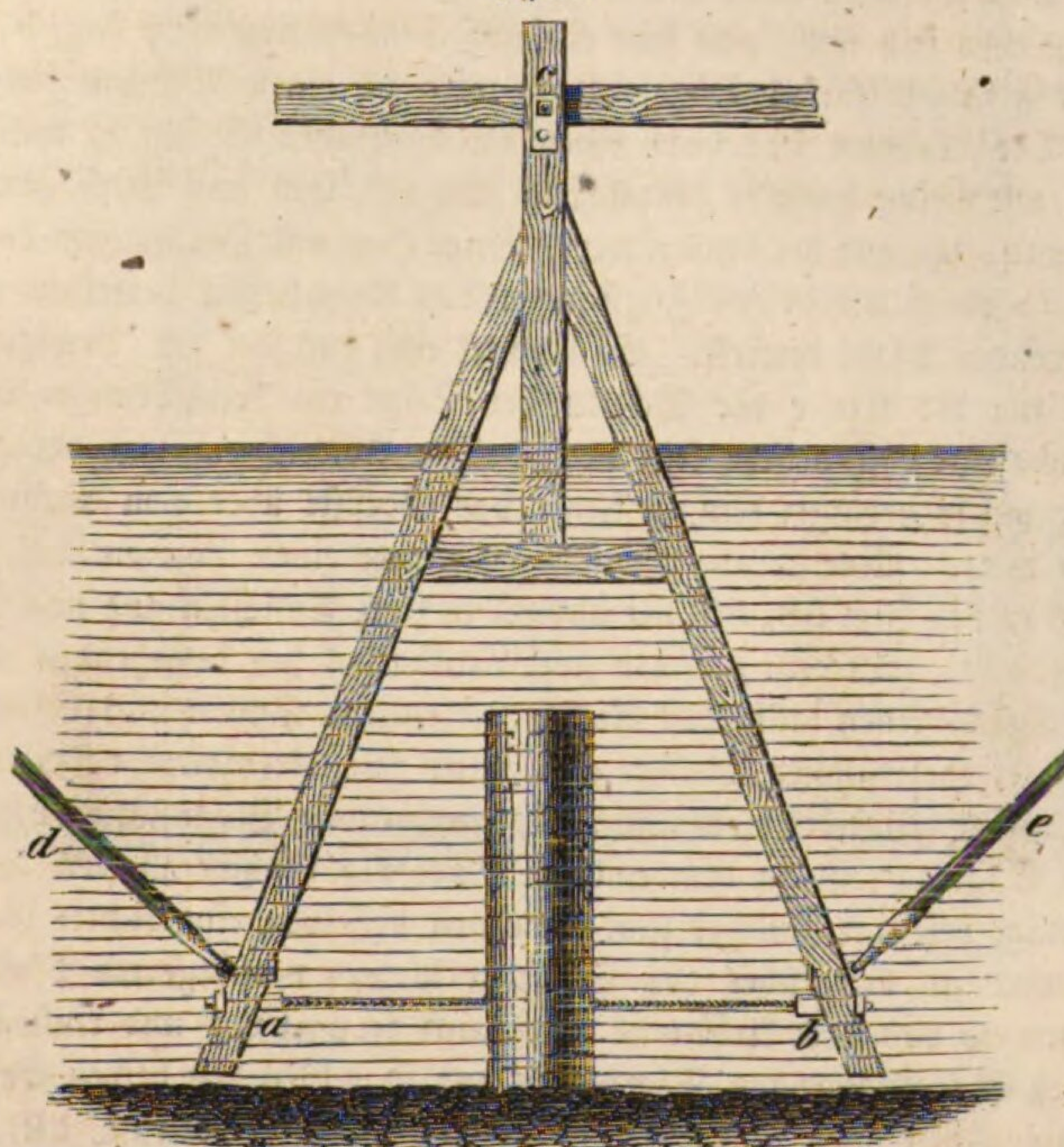
und zu dieser wie 3 zu 2 sich verhaltende Höhe, und das Zapfenloch wird nach Fig. 56 nur so tief eingestemmt, als es zur Aufnahme des Zapfens geradezu erforderlich ist. Die Zapfen werden mit den Schwellen nicht vernagelt, sondern es wird eine wirksamere Verbindung durch Holzkeile hergestellt, welche man oben in den Zapfen eintreibt, und zu welchem Zwecke die Zapfenlöcher nach oben schwalbenschwanzförmig erweitert werden. Bei dem Zapfen nach der Anordnung in Fig. 55 werden die Holzkeile erst alsdann eingeschlagen, wenn die Längeschwellen bereits gelegt sind; bei dem Zapfen nach Fig. 56 aber muß das Eintreiben der Keile mit dem Legen der Schwellen gleichzeitig bewirkt werden, was dadurch geschieht, daß man die Holzkeile, wie in Fig. 56 angezeigt, vor dem Legen der Schwellen nur so weit in die Zapfen einschlägt, daß dadurch kein Auseinandertreiben des Zapfens entsteht. Wird nun mit den Zapfen eingefahren, so setzen sich die vorstehenden Köpfe der Keile an die Decke

des Zapfenloches fest an und müssen nun erst durch Schläge auf die Schwelle niedergetrieben werden, wobei sie ein Auseinandertreiben des Zapfens und dadurch den festen Anschluß desselben in der Richtung der Länge der Schwellen bewirken.

Was wir über die Befestigung der Rostschwellen mit den Rostpfählen angeführt haben, bezieht sich nur auf Roste, bei deren Ausführung die Baugrube trockengelegt werden kann.

Bei Fundamentirungen unter Wasser werden die Rostpfähle in der Tiefe des darauf zu streckenden liegenden Rostes nur horizontal unter dem Wasser-

Fig. 57.



spiegel abgeschnitten, wozu man sich geeigneter Sägen, der sogenannten Grundsägen bedient. Es wird entweder ein gerades Sägeblatt in ein Holzgatter so eingespannt, daß es, in die verlangte Tiefe gebracht, und an den Pfahl anschließend, genau horizontal bewegt werden kann; oder es findet die Circularsäge Anwendung.

Zur Führung der Grundsägen, mag ihre Construction noch so verschieden sein, ist immer ein festes Gerüste erforderlich. Die Holme des Gerüstes, auf welchen der Schlitten, der die Säge trägt, hin und her geschoben wird, um die

Pfähle nach einander in einer horizontalen Ebene abzuschneiden, wird stets horizontal gelegt. Schwere Schlitten werden zur Führung mit Rollen oder Rädern versehen; und ist es erforderlich, eine Verschiebung des Schlittens nach zwei Richtungen vorzunehmen, so wird der Schlitten auf eine Querbahn gestellt, die ebenfalls mit Rollen versehen ist und wieder auf einer Längenbahn verschoben werden kann.

Die Construction der Grundsäge hängt hauptsächlich von der Tiefe ab, bei welcher die Pfähle unter Wasser abgeschnitten werden müssen.

Bei einer geringen Tiefe von 5 bis 7 Fuß kann, sofern die Schnittfläche nicht genau eben sein muß, eine sehr einfache Construction nach Fig. 57 genügen. Ein gerades starkes Sägeblatt *ab* wird in einen Rahmen fest eingespannt. Der Rahmen hat oben einen durchgehenden Bolzen *c*, welcher als Axe dient, um welche derselbe pendelartig schwingt, und nun durch zwei Zugstangen *d* und *e* hin und her bewegt wird. Beim Hin- und Herbewegen der Säge wird zugleich durch die beiden Zugstangen das Anschließen derselben an den abzuschneidenden Pfahl bewirkt. Es leuchtet ein, daß bei der Bewegung des Rahmens um die Axe *c* der Schnitt der Säge ein kreisförmiger und die Schnittfläche eine cylindrische sein muß. Die Abweichung von der geraden Linie wird um so geringer sein, je höher das Gerüste über dem Wasserspiegel angebracht wird. Eine gerade Grundsäge, welche einen horizontalen Schnitt bewirkt, ist in den Fig. 58, 59, 60 und 61 in zwei Ansichten und zwei Grundrissen dargestellt. An dem zwischen zwei Laufbalken sich bewegenden und mit vier, auf Eisenschienen laufenden Rollen versehenen Schlitten *A* befindet sich ein rechteckiger Holzrahmen, welcher oben durch zwei Kreuzbüge verspannt und unten durch eine schmiedeeiserne rückwärts angebrachte Bogenstange verbunden ist. Das Sägeblatt ist an dem unteren Ende der Rahmenpfosten durch ein Eisenbeschläge befestigt, welches zum Spannen desselben eingerichtet ist. Der Rahmen wird an den, über den Schlitten hinaus verlängerten Pfosten als Handgriffen *aa* von zwei Arbeitern gefaßt und so weit vor- und rückwärts geschoben, als es die Länge des Sägeblattes zuläßt. Von den beiden Enden des Sägeblattes gehen, wie aus den Fig. 59 und 61 zu ersehen ist, die Zweige eines Seiles *s* aus, welches über eine auf dem Gerüste angebrachte Rolle geführt und mit einem Gewichte von 10 bis 12 Pfund beschwert ist, und dazu dient, die Säge gegen den Pfahl anzudrücken. Bei einer Tiefe des Sägeblattes unter dem Wasserspiegel von 6 bis 8 Fuß werden durch 2 Zimmerleute und 2 Taglöhner, welche bei der Arbeit miteinander abwechseln, so daß die Säge beinahe ununterbrochen im Gange ist, täglich im Durchschnitt 15 bis 20 Pfähle abgeschnitten.

Eine als zweckmäßig erprobte Kreis- oder Circularsäge stellen die Fig. 62 und 63 in der Seiten- und Vorderansicht dar. Auf einer festen horizontalen

Bahn, die sich auf die ganze Länge der Baugrube erstreckt, steht der Wagen *A*, aus zwei parallelen Trägern bestehend, und mit Laufrollen versehen, welche da angebracht sind, wo der Wagen die Bahn rechtwinkelig schneidet. Auf dem

Fig. 58.

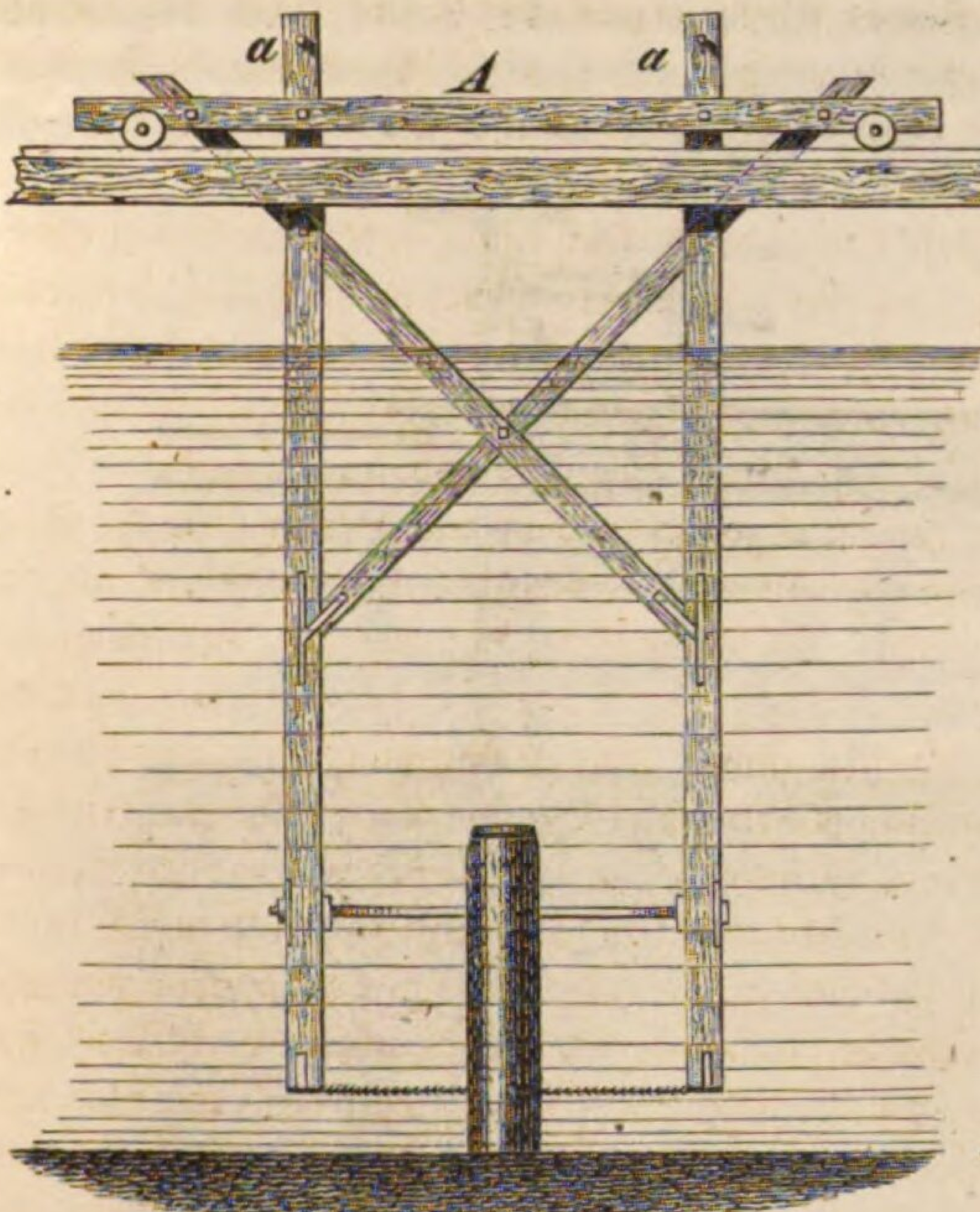


Fig. 59.

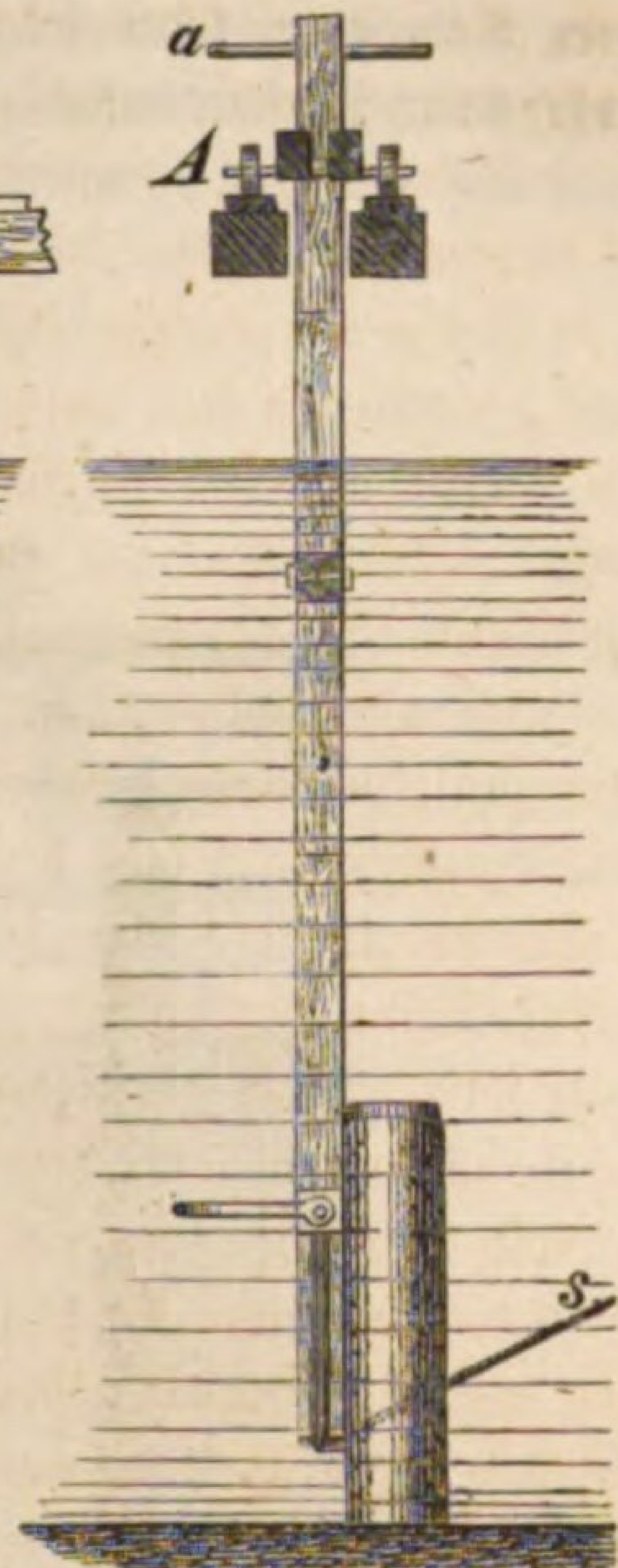


Fig. 60.

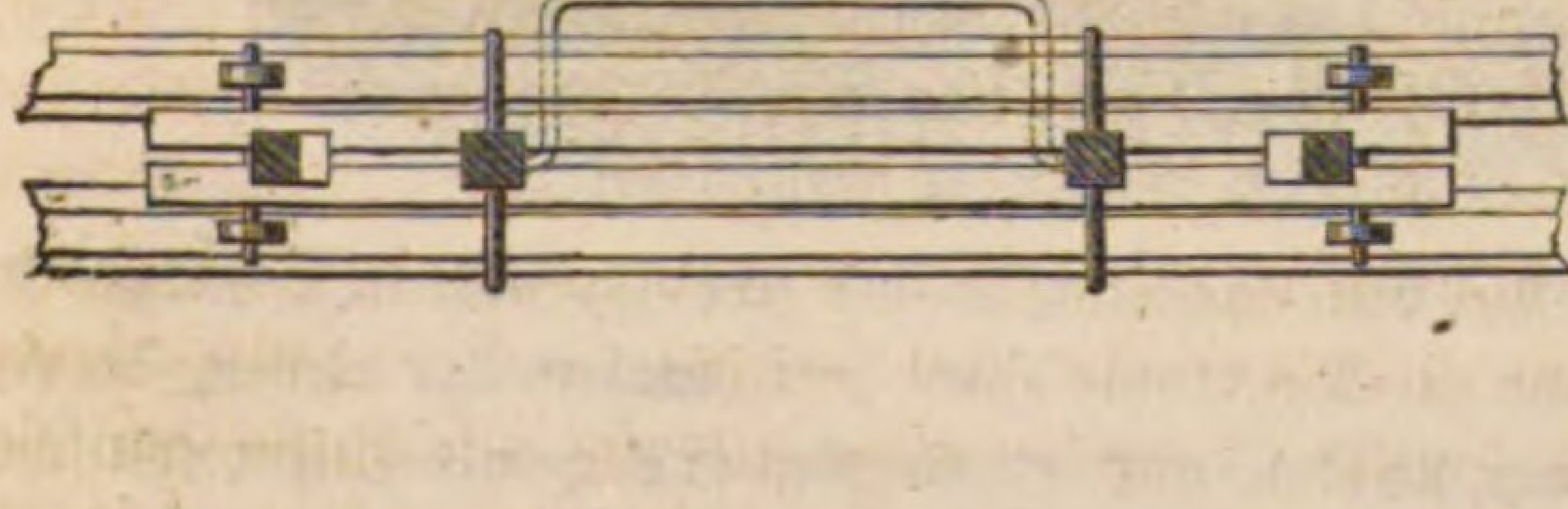
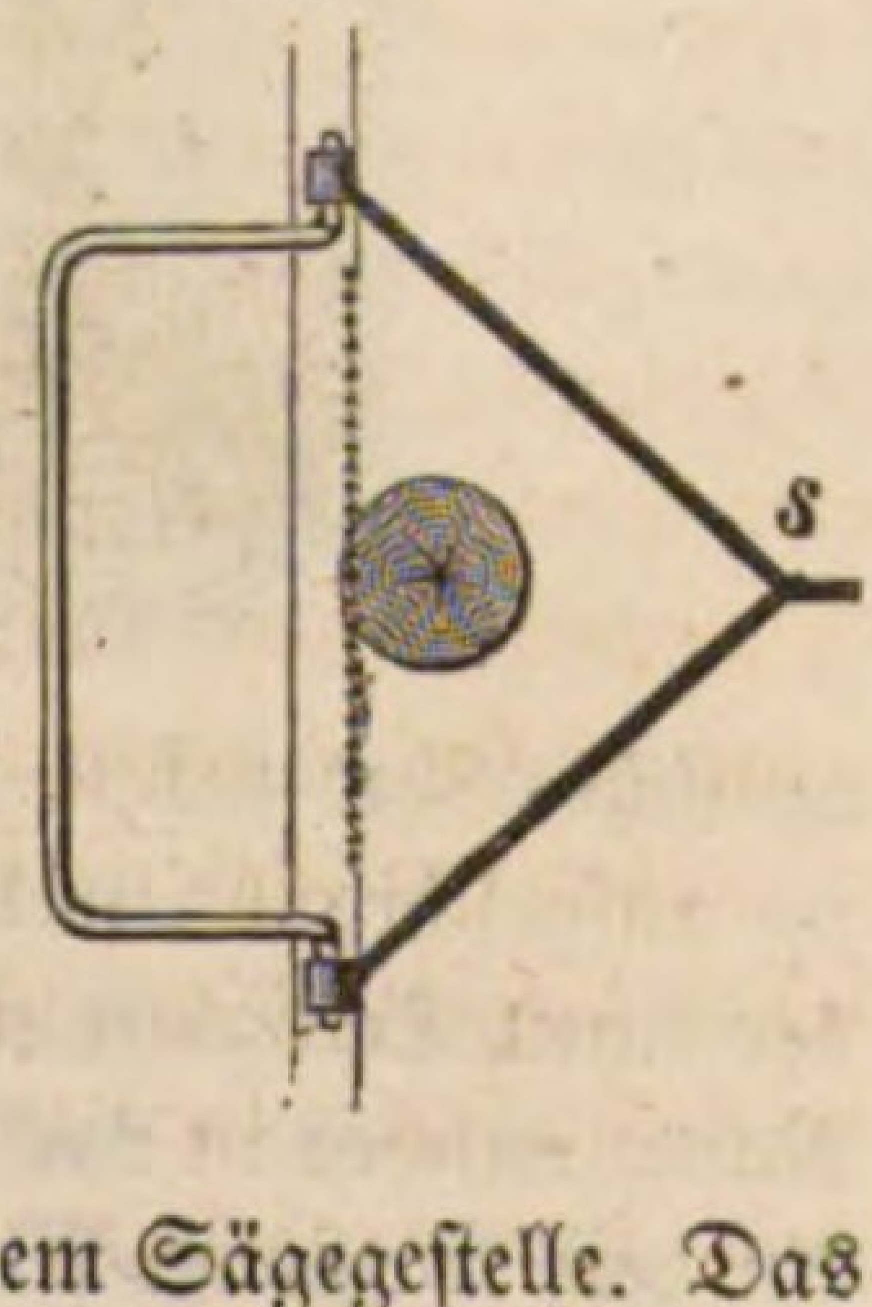


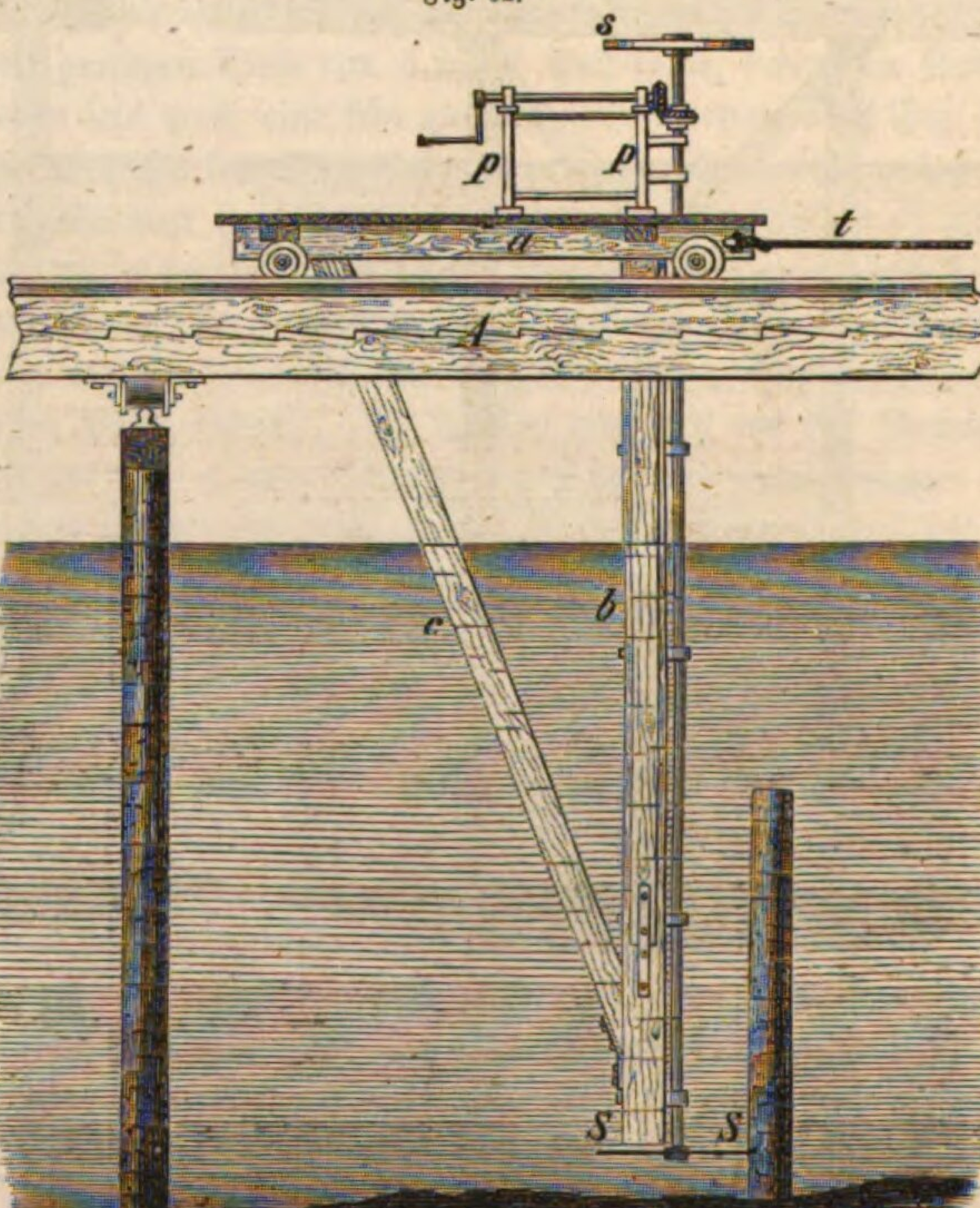
Fig. 61



Wagen, als einer zweiten Bahn, ruht der Schlitten mit dem Sägegestelle. Das Sägegestelle besteht aus dem Schlitten *a*, der mit vier conischen Laufrädern, welche innen Spurkränze haben, versehen ist; ferner aus dem an diesen

Schlitten befestigten senkrechten Pfosten *b*, welcher auf beiden Seiten durch die Streben *cc* und auf der Rückseite durch die Strebe *c'* verspannt ist und hauptsächlich dazu dient, um daran die zur Führung der Kreissäge erforderlichen Lager von Gußeisen befestigen zu können. Die Kreissäge *SS* ist an dem unteren Ende einer schmiedeeisernen Welle angebracht, welche durch die an dem senkrechten Pfosten befestigten Lager geht und zunächst ihrem oberen Ende ein

Fig. 62.

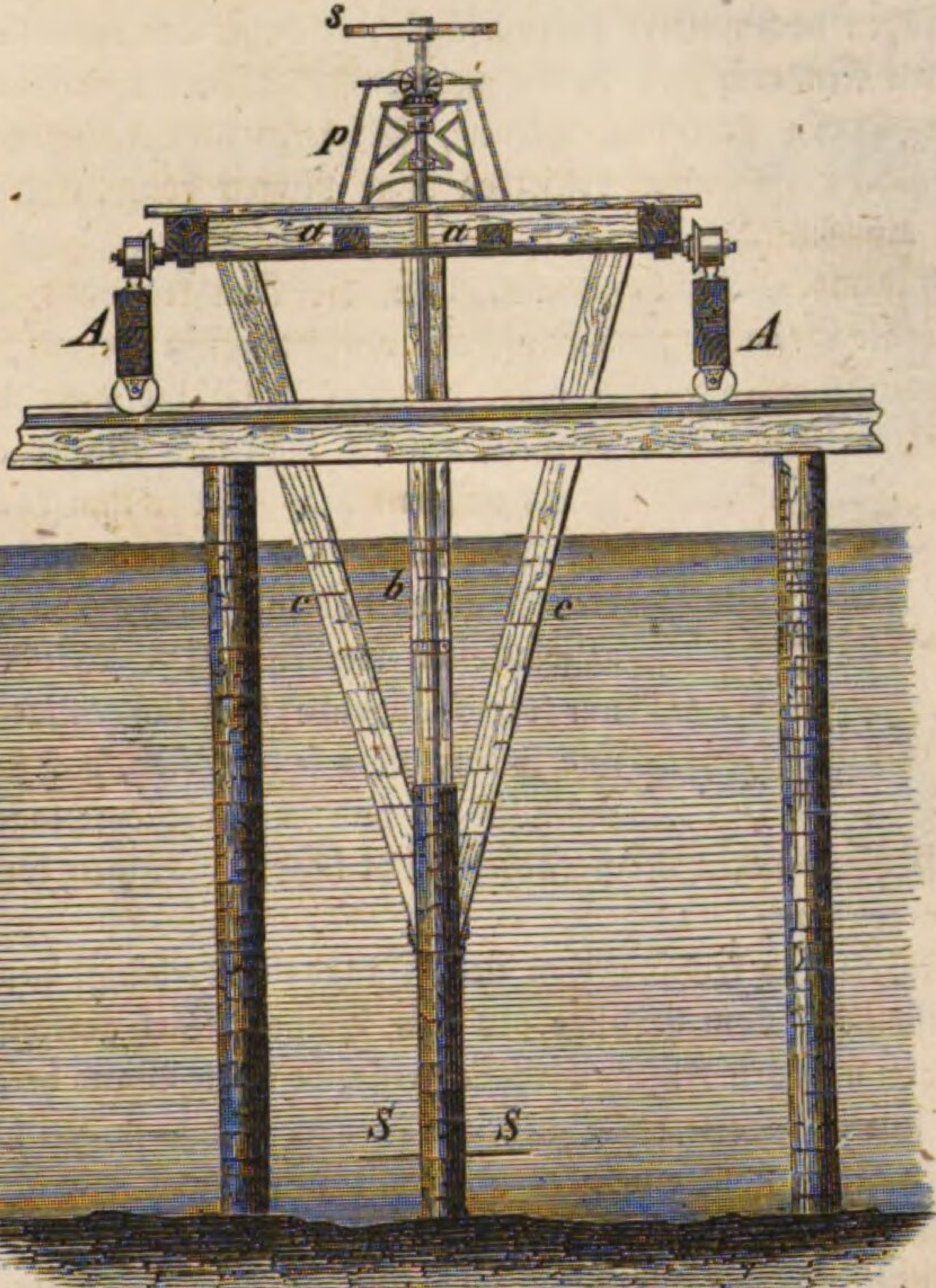


conisches Rad trägt. Auf dem Schlitten *a* sind zwei gußeiserne Schildplatten *pp* aufgeschraubt, welche zur Aufnahme einer horizontalen Axe dienen, die auf der einen Seite mit einer Kurbel, auf der anderen Seite mit einem conischen Rade, welches in das Triebrädchen der senkrechten Welle eingreift, versehen ist. An dem Kopfe der Welle ist ein horizontales Schwungrad *s* angebracht, welches zur Ausgleichung der Bewegung dient. Um die Säge an den abzuschneidenden Pfahl anzudrücken, wird von dem Vordertheil des Schlittens ein Tau *t* ent-

weder nach einer Zugwinde oder über eine Rolle geführt und im letzteren Falle an das Tauende ein entsprechendes Gewicht angehängt.

Verdienen die Kreissägen, schon ihrer einfachen Construction und leichten Aufstellung, hauptsächlich aber der raschen Förderung der Arbeit wegen, den gerade geführten Horizontalgrundsägen vorgezogen zu werden, so tritt doch häufig der Anwendung der Kreissäge der Umstand hindernd entgegen, daß gute Sägeblätter, deren Durchmesser erfahrungsgemäß dreimal so groß sein muß

Fig. 63.



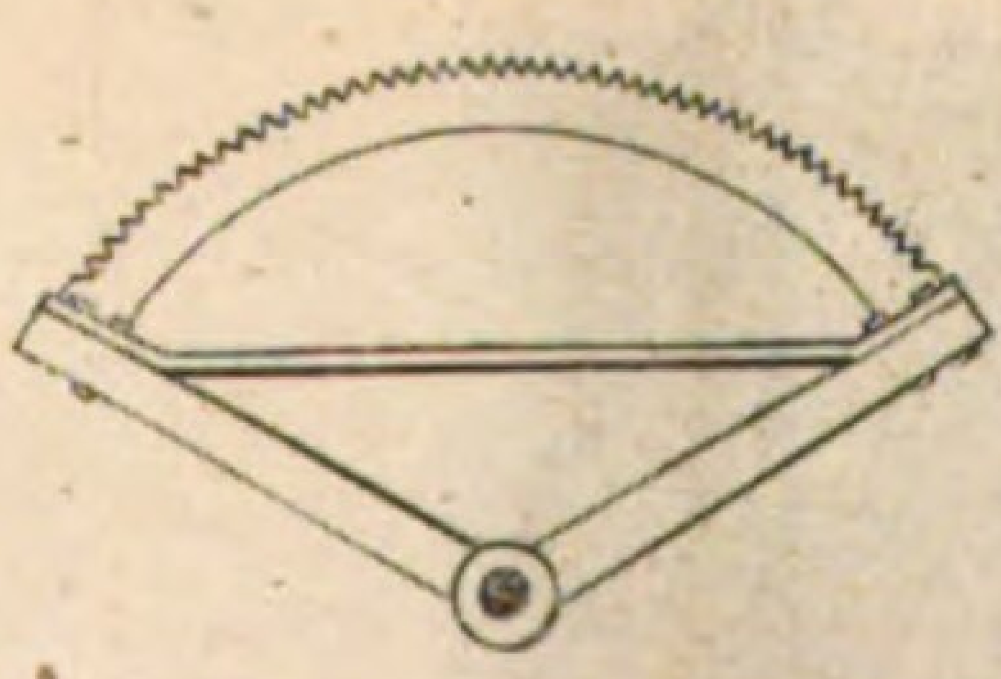
als der Durchmesser des mit denselben abzuschneidenden Pfahles, schwer zu haben und sehr theuer sind.

Das Princip der Kreissäge kann in allen Fällen, wo kreisrunde Sägeblätter von der hinlänglichen Größe nicht vorhanden sind, auf eine andere Weise für die Grundsäge benützt werden, indem man sich der in Fig. 64 im Grundriß dargestellten Bogensäge bedient. Das Sägeblatt bildet nur einen Theil eines Kreisbogens, der die senkrechte Drehungsaxe zum Mittelpunkte

hat, und ist auf die gewöhnliche Weise zwischen zwei Arme eingespannt, die einen Winkel von 120 Grad gegen einander einschließen. Zur Hin- und Herbewegung der Säge ist an dem oberen Ende der, ähnlich wie bei der vorbeschriebenen Kreissäge befestigten senkrechten Drehaxe ein eiserner Arm rechtwinkelig aufgesetzt, welcher einen mit zwei Handgriffen versehenen doppelarmigen Hebel trägt, an dem vier Arbeiter stehen, welche durch Zug die Säge hin und her bewegen. Die Aufstellung der Säge und die Construction der Zurüstung ist im Uebrigen ganz ähnlich wie bei der Circulargrundsäge. Den angeführten Beispielen von Grundsägen noch weitere hinzuzufügen, erscheint um deswillen überflüssig, weil die vielen Aenderungen, welche in der Aufstellung und Construction der Sägegestelle häufig getroffen werden, selten zur Verbesserung des ganzen Apparates dienen, vielmehr denselben ohne Nutzen complicirter, sonach unbrauchbarer machen.

Fangdämme. Ist bei Gründungen die Baugrube mit Wasser bedeckt, oder es muß die Gründung im Flußbette vorgenommen werden, so kann mit dem Bau auf dem Roste oder einer anderen Unterlage nicht eher begonnen werden, als bis man das Wasser aus der Baugrube entfernt hat. Bevor nun das Ausschöpfen der Baugrube vorgenommen werden kann, muß dieselbe gegen das umgebende Wasser vollständig abgeschlossen werden. Die Wände nun, welche um die Baugrube künstlich aufgeführt werden und so beschaffen sein müssen, daß sie dem Drucke des Wassers und dem Wellenschlage widerstehen, so daß selbst die feineren Wasseradern nicht hindurchdringen können, werden Fangdämme genannt.

Fig. 64.



Die Stärke und Construction eines Fangdammes hängt hauptsächlich von der Höhe desselben, vom Grunde bis zum Wasserspiegel gerechnet, ab. Bei einer Höhe von wenigen Fußen wird eine einfache dichte Wand hergestellt, welche sich auf der inneren Seite der Baugrube befindet und dazu dient, einem außen angeschütteten Erddamme einen festen Anhalt zu geben. Die Holzwand wird gebildet, indem man eine Pfahlreihe einrammt, die Pfähle unter sich durch einen Helm verbindet und an die Pfahlreihe nun auf der Rückseite eine Bohlenwand anlegt.

Ist der Boden, von welchem die Bohlenwand angelegt und bis zur Krone des anzuschüttenden Grundes aufgeführt wird, von solcher Beschaffenheit, daß sich unter der Bohlenwand keine Wasseradern bilden, so wird in der Regel die Holzwand nach Fig. 65 construirt, indem man zur Geraderichtung der Pfähle *a* und zu deren Verbindung untereinander den Helm *b* oben auflegt und mit den Pfählen verzapft, und nun die Bohlen auf der Rückseite horizontal

aufeinanderlegt. Bei dieser Construction richtet sich die Entfernung der Pfähle nach der Stärke der Bohlen, welche durch den Druck der dahinter geschütteten Erde keine Einbiegung erleiden dürfen, und zugleich nach der Länge der Bohlen, indem die Stöße derselben immer auf die Mitte eines Pfahles treffen müssen. Die horizontal aufeinandergelegten Bohlen werden durch aufgenagelte Leisten zu Tafeln verbunden, welche an beiden Enden mit den Pfählen vernagelt werden; oder es werden die Bohlen einzeln, wie es die fortschreitende Hinterfüllung erfordert, aufeinandergelegt und mit jedem Pfahle vernagelt.

Ist dagegen der Grund von so schlechter Beschaffenheit, daß die Bohlenwand zur Verstopfung von Wasseradern tiefer reichen muß, als es die Tiefe

Fig. 65.

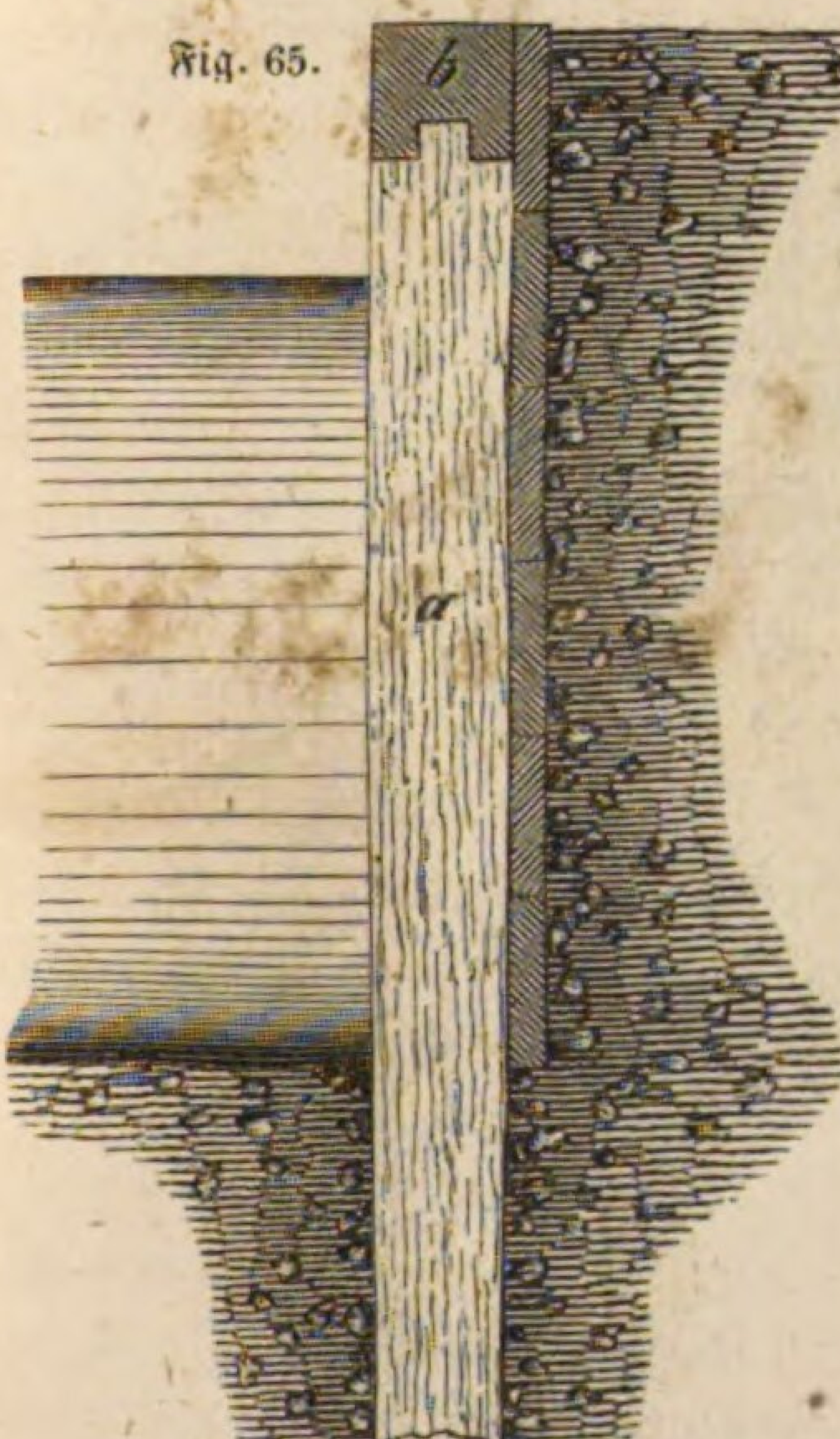
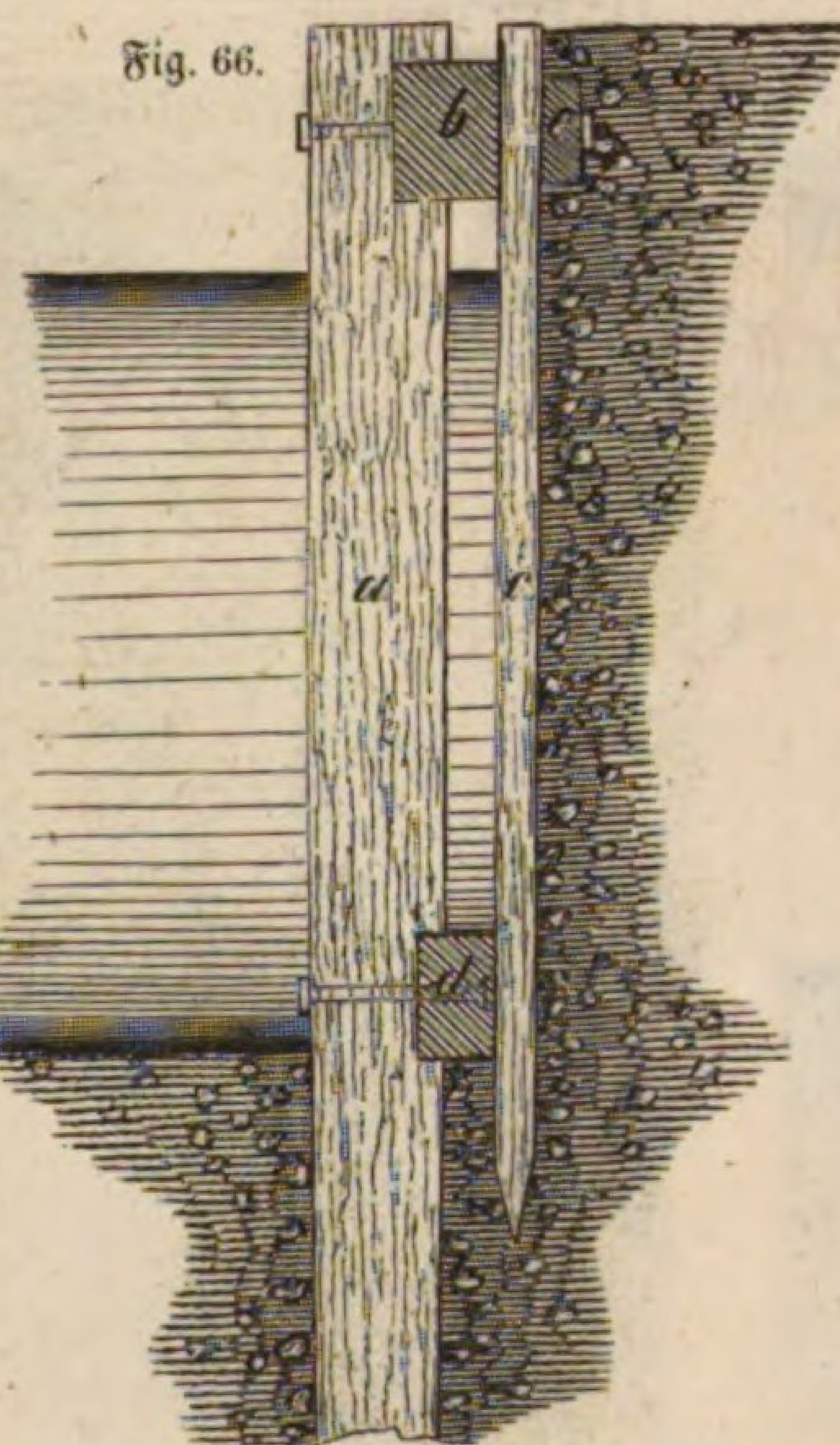


Fig. 66.



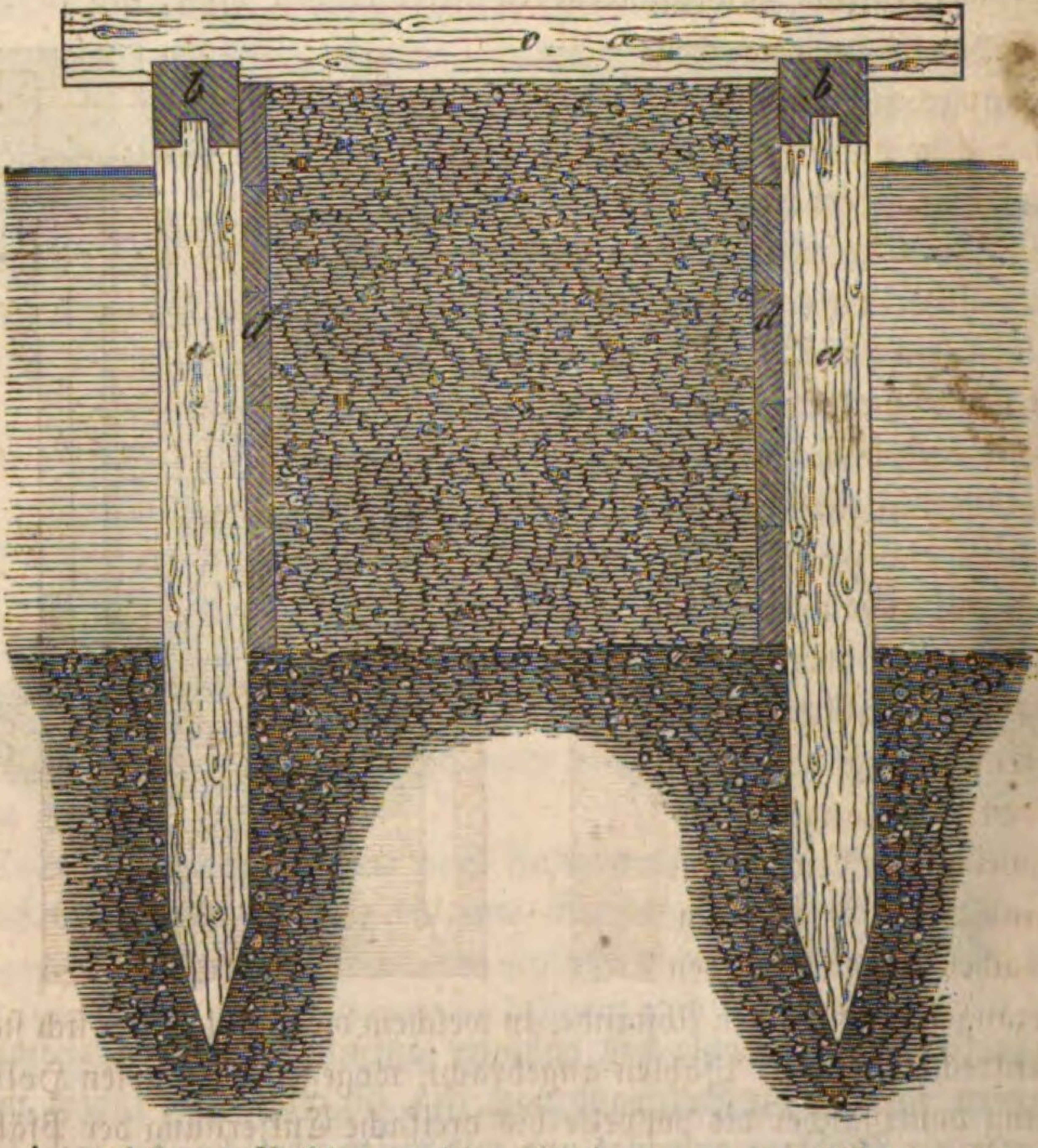
der Baugrube und die Sohle des dahinter aufzuschüttenden Erddammes an sich erfordern, so wird die Holzwand nach Fig. 66 construirt, indem man den Holm hinter die Pfähle *a* anbringt und mit diesen überschneidet und verbolzt, sodann noch auf der Rückseite einen Riegel *d* unmittelbar auf dem Grunde anbringt, welcher ebenfalls mit den Pfählen verbolzt wird, und nun die Bohlen *c* hinter dem Holm *b* und dem Riegel *d* senkrecht anbringt und diese so tief in den Boden eintreibt, als es zur Verstopfung der Wasserdurchzüge erforderlich ist.

Sind die Bohlen eingetrieben, so werden sie durch einen, in gleicher Höhe mit dem Holm auf der Rückseite darübergelegten Deckbohlen oder Deckriegel *e*,

welcher mit dem Holm *b* verbolzt ist, gerichtet und untereinander verbunden. Diese Bohlenwände unterscheiden sich von den Spundwänden dadurch, daß die Bohlen nicht ineinandergreifen und erforderlichen Falls auf die Weise fugendicht hergestellt werden, daß man die Fugen vermittelst aufgenagelter Leisten deckt.

Da die vorbeschriebenen Fangdämme mit Erdhinterfüllung einen großen Flächenraum einnehmen, so können sie bei der Gründung in Flüssen selten Anwendung finden. Bei der Gründung von Bauwerken im offenen Wasser werden die Fangdämme im Allgemeinen so construirt, daß man parallele Wände

Fig. 67.

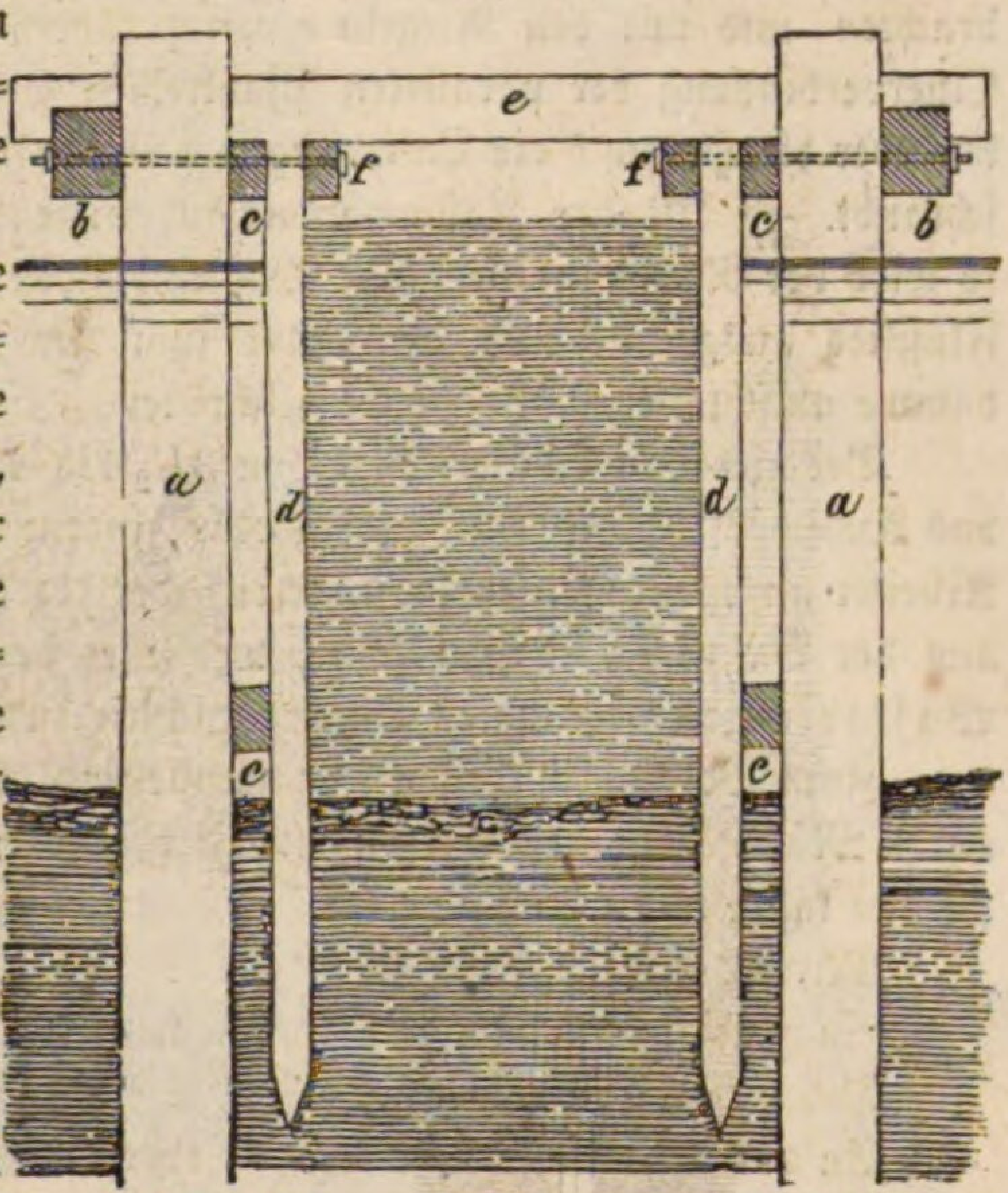


senkrecht eingetriebener Bohlen, welche mit eingerammten Pfählen fest verbunden sind, in einer gewissen Entfernung voneinander herstellt, und nun den Raum zwischen den Bohlenwänden mit fetter Erde oder mit Flußkies ausfüllt. Diese Fangdämme werden Kastendämme genannt. Die Breite der Kastendämme, worunter man die Entfernung der Bohlenwände voneinander versteht, wird in der Regel gleich deren Höhe über dem Grunde angenommen, wenn die letztere nicht über 2,4 bis 2,7 Mètre beträgt. Steigt die Höhe über 2,7 Mètre, so läßt man die Breite in einem geringeren Verhältnisse als die Höhe wachsen.

Nach Eytelwein soll bei einer Höhe von mehr als 2,4 Mètre die Breite des Kastendammes gleich der halben Höhe mehr 1,2 Mètre angenommen werden. Sganzin dagegen stellt als Regel auf, daß bis zu einer Höhe von 3 Mètre die Breite des Kastendammes gleich sein soll der vollen Höhe, und über die Höhe von 3 Mètre hinaus soll die Breite nur um den dritten Theil der Mehrhöhe zunehmen.

Die Construction der Kastendämme ist im Allgemeinen folgende: Es werden zwei Reihen Pfähle zum Einschluß des Fangdammes von beiden Seiten eingerammt; der Abstand der Pfähle in der Pfahlreihe beträgt, je nach der Anordnung der Bohlenwand, 4 bis 6 Fuß und die beiden Reihen sind wieder so weit voneinander entfernt, daß die Erdausfüllung zwischen den innen angebrachten Bohlenwänden die bestimmte Breite des Fangdammes erhält.

Fig. 68.



Nach Fig. 67, welche die übliche Construction eines Kastendammes von 1 bis 2 Mètre Höhe im Querschnitte darstellt, werden die beiden Reihen der Pfähle *aa* oben in gleicher Höhe abgeschnitten, mit Zapfen versehen und auf diese die Holme *b* befestigt. Zur Sicherung der Stellung der Pfahlwände in gleicher Entfernung voneinander werden Querzangen *c* angebracht, welche über beide Holme greifen und Vorstöße erhalten. Bei schwachen Holmen werden die Querzangen in demselben Abstande, in welchem die Pfähle unter sich stehen und immer senkrecht über den Pfählen angebracht, wogegen bei starken Holmen ihre Entfernung voneinander die doppelte bis dreifache Entfernung der Pfähle unter sich betragen kann. Diese Querzangen können jedoch erst alsdann angebracht werden, wenn die Bohlenwände auf der inneren Seite der Pfähle eingesetzt sind. In unserem Beispiele Fig. 67 ist angenommen, daß der Fangdamm keine größere Höhe als 1 bis 1,75 Mètre und der Druck, dem die Bohlenwand zu widerstehen habe, so unbedeutend sei, daß sie aus horizontal übereinandergelegten Bohlen bestehen kann.

Bei einer Höhe von 1,75 bis 2,5 Mètre müssen die Bohlen senkrecht angebracht und hart nebeneinander eingerammt werden.

Die Construction eines Kastendammes mit eingerammten Bohlenwänden geben wir in Fig. 68. Bei dieser Construction, welche anwendbar ist auf Fangdämme von 2 bis 2,5 Mètre Höhe, sind die Pfähle *aa* durch außen angelegte und durch Schraubenbolzen befestigte Holme *bb* in der zugehörigen Pfahlreihe untereinander und zugleich mit innen in gleicher Höhe mit den Holmen angebrachten Riegeln oder Bohlen *cc* verbunden, welche letzteren den einzutreibenden Bohlen *dd* zur Anlehnung dienen. Sind die Bohlenwände eingetrieben, wobei sie durch die weiteren, auf halber Pfahlhöhe angelegten Riegel *cc* in senkrechter Stellung erhalten werden, so wird ein fester Anschluß derselben an die entsprechenden Pfahlreihen durch die innen angebrachten und mit den Riegeln *c* verschraubten Deckriegel *ff* bewirkt. Zur Querverbindung der parallelen Pfahlreihen werden von drei zu drei Pfählen über die Holme *b* die Querzangen *e* überblattet und mit den ersteren verschraubt. — Ist der Kastendamm auf diese Weise vollständig hergestellt, so wird der Raum zwischen den Bohlenwänden mit Thon, fetter Erde oder Flußkies ausgefüllt und demnächst zum Ausschöpfen der von dem Kastendamme umschlossenen Baugrube geschritten.

Bei niederem Wasserstande von $3^1/_2$ bis 4 Fuß wird am zweckmäßigsten das Ausschöpfen mit Eimern geschehen, indem mit diesen eine große Anzahl Arbeiter angestellt werden kann, deren jeder die Hälfte derjenigen Wassermasse aus der Baugrube schaffen kann, welche er bei der, unter dem Namen der Wasserschnecke bekannten Schöpfmaschine zu fördern im Stande ist.

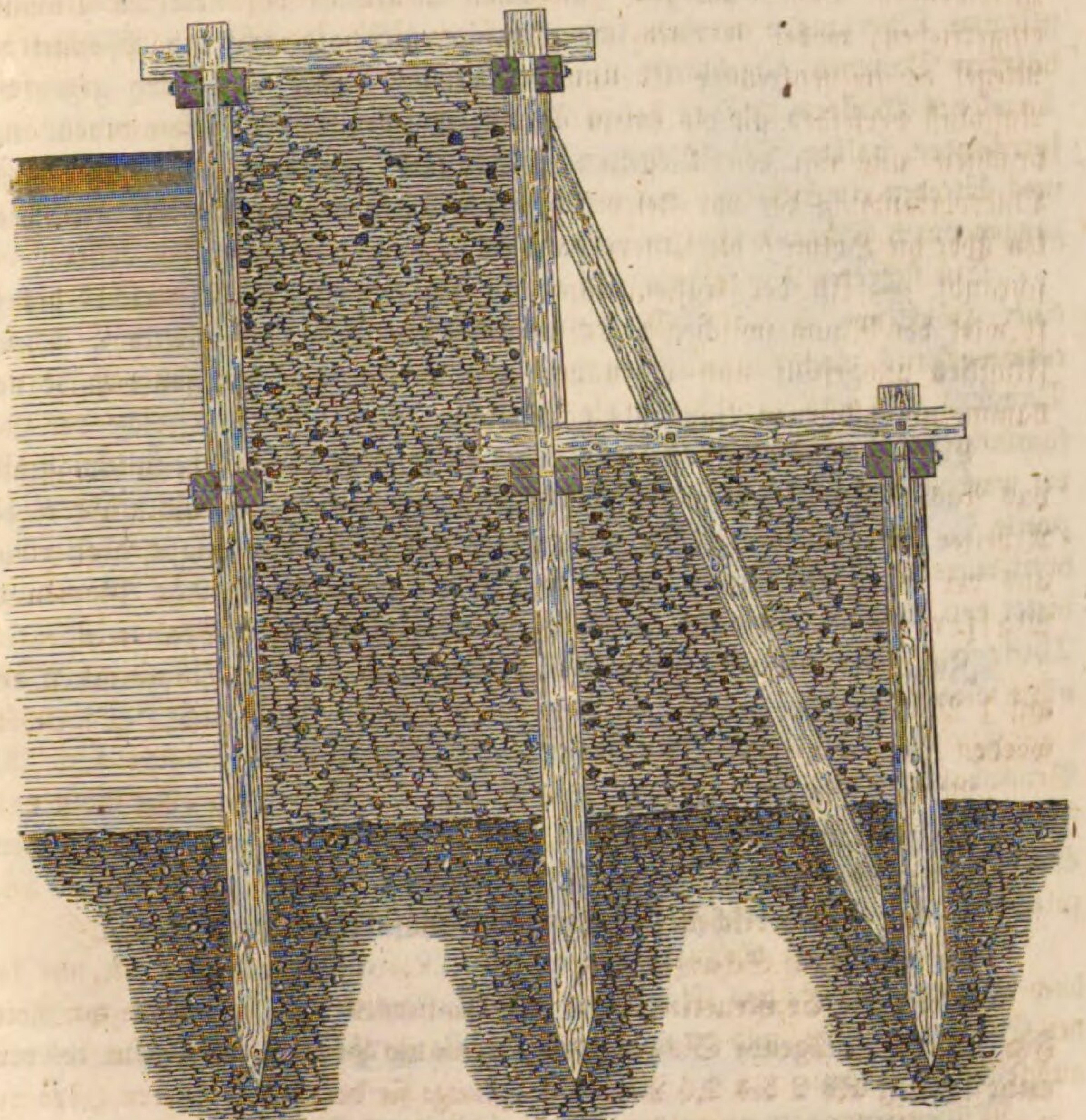
Zum Vergleiche theilen wir nachstehend mit, welche Quantität Wasser auf 1 Mètre Höhe durch einen Arbeiter innerhalb 24 Stunden ausgeschöpft werden kann, und zwar:

Mittelst Eimern	46	Cubikmètre.
An geneigtem Schaufelwerke	68	„
Durch Pumpen	84	„
An der archimedischen Schraube oder Wasserschnecke	90	„
An vertikalem Schaufelwerke	117	„

Bietet die Construction eines Kastendammes nach der vorbeschriebenen Fig. 68 eine genügende Sicherheit dar, wenn die Höhe des Wasserstandes nicht mehr beträgt als 2 bis 2,5 Mètre, so genügt sie bei einer größeren Höhe von 3 bis 4,5 Mètre um deswillen nicht, weil die Bohlenwände nicht fugendicht genug sind, um das Durchsickern des Wassers, dessen Druck zunimmt mit der Höhe, zu verhindern. Bei Kastendämmen von der angegebenen Höhe wendet man förmliche Spuntwände an, wobei die Spuntbohlen, des sicheren Anschließens wegen, zwischen zwei Zangen eingeschlagen und in der Regel noch in derselben Höhe über dem Boden gegen einen Riegel gestützt werden, damit sie nicht seitlich ausbiegen.

Erhalten die Fangdämme eine größere Höhe als 4,5 Mètre, so gewähren Kastendämme nach der vorbeschriebenen oder einer ähnlichen Construction mit nur zwei Reihen äußerer Bohlen- oder Spuntwände keine Sicherheit mehr gegen das Durchsickern des Wassers bei vermehrtem Drucke. Der Zweck wird hier am sichersten erreicht, wenn man den Kastendamm seiner Breite nach

Fig. 69.



durch weitere Spuntwände in zwei bis drei Abtheilungen trennt, sonach doppelte oder dreifache Kasten herstellt. Nehmen wir an, es solle ein doppelter Kastendamm hergestellt werden, so wird, wie aus Fig. 69, welche die Construction eines solchen Dammes im Querschnitte darstellt, zu ersehen ist, die dem Wasser zugekehrte Hälfte des Dammes auf die ganze Höhe, aber nur auf die Hälfte der Breite, welche er seiner Höhe nach erhalten soll; die andere Hälfte

aber, welche der Baugrube zugewendet ist, nur auf die Hälfte der Höhe des Dammes und in gleicher Breite mit der ersteren hergestellt. Mit der Ausführung der Abtheilung, welche die ganze Höhe des Dammes hat, wird der Anfang gemacht; ist diese vollendet, so wird das Ausschöpfen der Baugrube vorgenommen und damit so lange fortgefahren, bis der Wasserspiegel unter die Höhe des folgenden niederen Theils des Dammes gesunken ist, und nun wird dieser zweite Theil ausgeführt. Die über die Holme des niederen Dammes gelegten Querzangen werden schwalbenschwanzförmig mit den Pfählen des höheren Dammes angeblattet und verschraubt. Zur Sicherung gegen den Druck des Wassers auf den hohen Damm von der, seiner Gesammthöhe entsprechenden, halben Stärke werden zwischen jede Querzange des niederen Dammes Streben eingetrieben, mit den hohen Pfählen versetzt und mit den Querzangen durch Schraubenbolzen verbunden.

Ein sicherer Fangdamm, als der in Fig. 69 dargestellte, welcher bis zu einer Höhe von 5 bis 6 Mètre ausreichende Festigkeit gewährt, könnte entweder aus zwei Abtheilungen bestehen, welche beide die ganze Höhe des Dammes und jede zur Breite die Hälfte der Breite hätten, welche der Gesammthöhe des Dammes entspricht; oder es könnten drei Abtheilungen gebildet werden, von denen die erste, dem Wasser zugewendete, die ganze Höhe, die zweite $^2/_3$ und die dritte Abtheilung nur $^1/_3$ derselben hätte, alle aber gleich breit wären. Diese letztere, der in Fig. 69 dargestellten ähnliche Anordnung bietet den Vortheil, daß die gegen die Baugrube stufenweise sich erhebenden Theile des Dammes als Baugerüste und zum Lagern der Materialien benützt werden können.

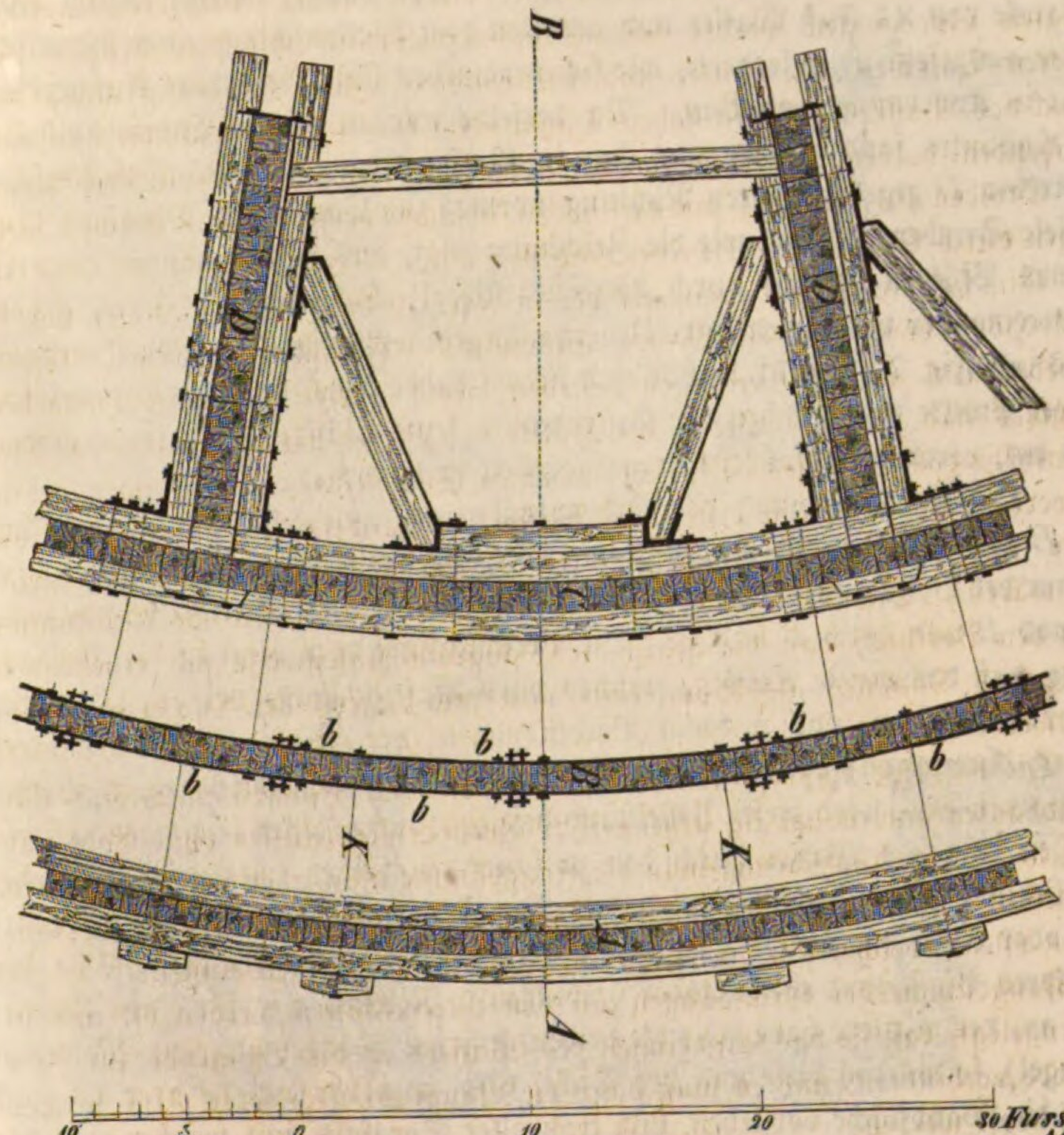
Die bis jetzt besprochenen Constructionen von Fangdämmen sind für Grundbauten anwendbar im stehenden Wasser oder in Flüssen ohne Ebbe und Flut, bei deren Ausführung man die Fangdämme nicht über den allerhöchsten Wasserstand, sondern nur auf die Höhe desjenigen höchsten Wasserstandes anzulegen pflegt, welcher sich muthmaßlich während der Bauzeit einstellt.

Fangdämme bei Gründungen an den Meeresküsten werden oft nur so hoch angelegt, daß sie das Eindringen des Wassers in die Baugrube zur Zeit der Ebbe verhindern, und es muß dann die Baugrube nach jeder Flut wieder ausgeschöpft werden.

Müssen Fangdämme an den Meeresküsten oder in Flüssen mit Ebbe und Flut zum ununterbrochenen Betriebe der Grundbauten so hoch angelegt werden, daß sie sich über die höchsten Fluten erheben, so erhalten diese Dämme zwar eine sehr große Höhe, ihre Stärke aber kann im Verhältniß zu ihrer Höhe um deswillen eine geringere sein, weil man zur Zeit der Ebbe an ihrem unteren Theile Verstärkungen anbringen, durch Verbindung aller Theile unter sich ein fest zusammenhängendes Ganze herstellen und durch solidere Construc-

tion eine viel größere Festigkeit erreichen kann, als dies bei Fangdämmen möglich ist, welche immer unter Wasser stehen. Zur Bildung der Kasten werden bei so hohen Dämmen keine Bohlen= oder Spuntwände angewendet, vielmehr müssen hierzu dichte Pfahlwände Anwendung finden. Die Pfahlwände werden am sichersten zwischen den doppelten Holmen und ebenso zwischen doppelten Längeriegeln von vorher aufgestellten Pfahlreihen, ähnlich wie die Spunt=

Fig. 70.



wände der bereits beschriebenen Kastendämme, eingerammt. An der Stelle der hölzernen Querzangen können schmiedeeiserne Bolzen und Zugbänder zur Verbindung der Pfahlwände unter sich angewendet werden, wodurch eine größere Wasserdichtigkeit erreicht wird, indem in der Ausfüllung der Kasten keine hohlen Räume entstehen, wie bei Holzzangen, wo das Durchdringen des Wassers meist an den Zangen stattfindet.

Wir entnehmen aus dem 15. Jahrgange der Allgemeinen Bauzeitung von Förster in Wien die Beschreibung der interessanten Construction eines Kastendammes, welcher bei den Docksbauten zu Great-Grimsby an der Ostküste Englands zur Ausführung gekommen ist. Fig. 71 stellt den Querschnitt und Fig. 70 den Grundriß von einem Theile dieses Kastendammes dar.

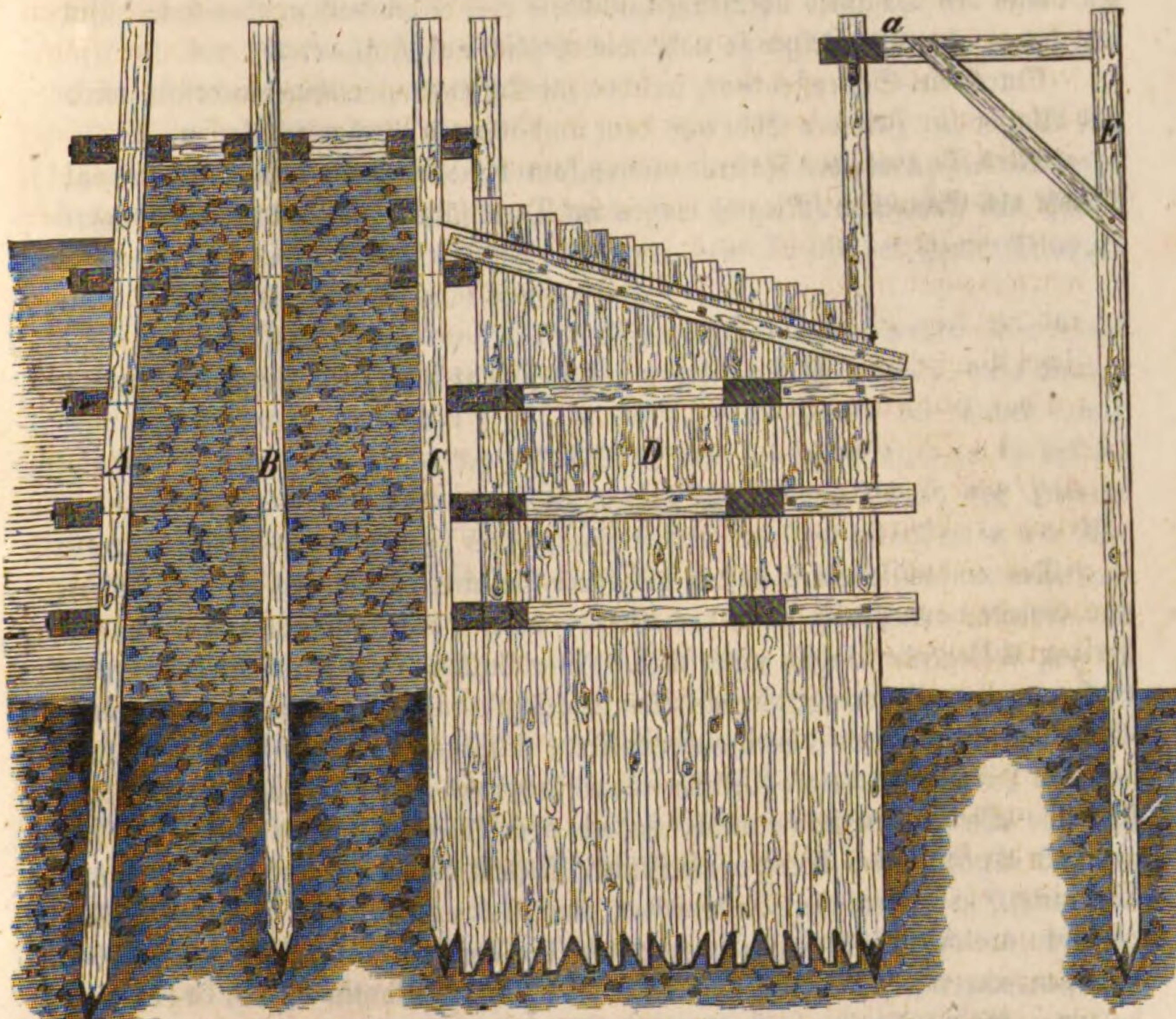
Ein Kastendamm von mehr als 1600 Fuß Länge, welcher täglich einem Drucke von 24 Fuß Wasser und zuweilen dem Wellenschlage einer stürmischen See ausgesetzt ist, erforderte, wie sich vermuthen läßt, besondere Aufmerksamkeit in Anordnung und Bau. Da derselbe nur an seinen Enden natürliche Stützpunkte fand, so wurden ihm in Entfernungen von 25 Fuß künstliche Streben *D* gegeben, deren Richtung normal zur Curve des Dammes läuft. Diese Streben bestehen, wie die Zeichnung zeigt, aus hintereinander eingetriebenen Pfählen, welche durch hölzerne Riegel, Schrauben u. s. w. gehörig untereinander verbunden sind. Ueberhaupt geht wohl die allgemeine Anordnung aus den Fig. 70 und 71 hervor und bedarf daher keiner weiteren Beschreibung. Zwei Punkte nur, welchen der Kastendamm seine Wasserdichtigkeit zu verdanken hat, verdienen besonders hervorgehoben zu werden:

1) Die Anordnung der Schraubenbolzen, welche die drei Pfahlwände *A*, *B* und *C* miteinander verbinden. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, geht keiner der Bolzen durch alle drei Wände zugleich, sondern abwechselnd nur durch *A* und *B* und durch *B* und *C*. Die Veranlassung dazu liegt in der Beobachtung, daß das meiste Wasser, welches durch Kastendämme dringt, längs den Schraubenbolzen und anderen Verbindungen der Pfahlwände durchsickert. Durch Anwendung dreier Pfahlwände, welche nur abwechselnd durch Bolzen verbunden sind, wird dieser Uebelstand beseitigt, indem alles längs den äußeren Bolzen rinnende Wasser durch den zwischen den beiden inneren Wänden befindlichen Thon aufgehalten wird. 2) Die Anwendung schmiedeeiserner Platten oder Reife *bb*, welche statt hölzerner Schwellen (Riegel) die Pfähle der mittleren Pfahlwand miteinander verbinden. Nehmen wir für einen Augenblick an, der mittlere habe, wie die beiden äußeren Wände, hölzerne Schwellen (Riegel), so würden diese um ihre Dicke, also ungefähr um 12 oder 13 Zoll über die Wandfläche vorstehen, und trotz aller Sorgfalt, mit welcher man die Thonfüllung zwischen den Wänden zusammenstampfte, würde immer unter jeder Schwelle ein kleiner Raum bleiben, welcher das längs den Bolzen *K* durchsickernde Wasser aufnehmen und bis zum nächsten Bolzen, welcher die beiden Wände *B* und *C* verbindet, fortleiten würde, von wo aus dasselbe ohne besonderen Widerstand hinter den Kastendamm dringen könnte; der Vortheil also, welcher durch drei Pfahlwände, mit abwechselnden Bolzen verbunden, bezweckt war, würde theilweise verloren sein. Die Ersetzung der hölzernen

Schwellen durch schmiedeeiserne Platten von 7 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke sucht diesen Uebelstand zu beseitigen; und wenn es gestattet ist, die Dichtigkeit des Kastendammes zu Great=Grimsby als Maaßstab zur Beurtheilung zu nehmen, so entspricht diese Anordnung ihrem Zwecke vollkommen.

Allein nicht nur Dichtigkeit, sondern auch eine Festigkeit besitzt dieses ephemere Bauwerk, welche wir oft bei anderen auf Dauer berechneten Bauten

Fig. 71.



nicht finden. Steht man auf dem schützenden Damme und sieht, während die Wellen auf der einen Seite einem beinahe die Füße bespülen, auf der anderen Seite tief unter sich Tausende von Menschen unbesorgt arbeiten, so kann man sich eines unwillkürlichen Grauens nicht erwehren, wenn man die Folgen eines Nachgebens des Dammes bedenkt. Und doch ist zu solchen Befürchtungen keine Veranlassung. Bald seit einem Jahrzehnt (1850) trotzt der freistehende Damm der unruhigen See und den heftigen Stürmen und Wellen, ohne daß ein be=

merkliches Nachgeben stattgefunden hat. Eine besondere Vorrichtung wurde getroffen, um das eventuelle Nachgeben und die Bewegung des Dammes zu beobachten. Hinter jedem der Streben D sind starke Pfähle E eingeschlagen, welche unabhängig vom Kastendamme sind; an dem oberen Ende eines jeden dieser Pfähle ist eine horizontale Stange mit einer Theilung a befestigt, deren Nullpunkt gegenüber eines an der Strebe D befindlichen Zeigers gebracht wurde. Mittelst dieser Vorrichtung kann man sich zu jeder Zeit in allen Punkten längs des Dammes überzeugen, um wie viel dieser nachgegeben hat. Bis jetzt stehen aber alle Zeiger so nahe wie möglich auf Null.

Durch ein Schleußenthor, welches im Kastendamme angebracht ist, wird das Wasser zur Zeit der Ebbe aus dem umdämmten Becken abgelassen.

Alles Bauholz des Kastendammes kam von der Ostseeküste, und sowohl Pfähle als Schwellen (Riegel) messen im Durchschnitt 13 Zoll im Quadrat.

Vierter Abschnitt.

Von den Jochbrücken.

Die einfachste Construction hölzerner Brücken ist die der **Jochbrücken** und besteht darin, daß man das Beleg, welches die Fahrbahn bildet, durch horizontal liegende Balken unterstützt. Die Balken oder Straßenträger werden von einer Unterlage zur andern so gelegt, daß sie alle parallel mit der Brückenaxe und so weit voneinander entfernt sind, um die quer über die Balken gelegten Hölzer, welche die Brücken- oder Fahrbahn bilden, genügend zu unterstützen. Die Balken sind etweder einfach oder künstlich verstärkt und werden an ihren Enden durch Wände unterstützt. Besteht die Brücke aus einer einzigen Oeffnung, so ruhen die Balkenenden unmittelbar auf den Wänden oder Mauern, welche den Straßendamm gegen die Leere oder den Durchfluß abschließen, und welche, wie bei steinernen Brücken, den Namen **Widerlager** erhalten. Ist die Entfernung von einem Widerlager zum andern so groß, daß die Balken als Träger der Fahrbahn sich einbiegen oder ihrer Länge nach aus mehreren Balken bestehen müssen, so werden zu weiterer Unterstützung derselben zwischen den Widerlagern besondere Unterstützungen durch Holzwände oder Steinpfeiler angebracht, welche allgemein **Joche** genannt werden. Die Entfernung der Joche voneinander sowohl, als auch von den Widerlagern heißt die **Jochweite**, auch das **Jochfeld**. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Jochweite eine beschränkte sein muß und nicht wohl über 60 Fuß betragen

kann, indem die einzelnen Straßenträger von Joch zu Joch aus einem ganzen Balken von überall gleicher Stärke bestehen müssen.

Die Jochbrücken haben folgende Bestandtheile, welche wir in Betracht zu ziehen haben, nämlich:

a) **die Widerlager**, welche auch Landfesten, Stirnjoche oder Brückenköpfe genannt werden;

b) **die Joche;**

c) **die Straßenträger** oder **Brückenbalken;**

d) **die Fahrbahn** oder **Brückendecke;**

e) **die Geländer und Gurten;**

f) **die Eisbrecher.**

a. **Die Widerlager** müssen einerseits den Straßenträgern an ihren äußersten Enden zur Unterstützung, sowie zur festen Vereinigung der Brücke mit dem Ufer dienen; andererseits aber auch dem Drucke der Hinterfüllungserde zu widerstehen im Stande sein.

Die aus Zimmerholz construirten Widerlager sind Bohlwerke. Die Wahl des Holzes zu den Bohlwerkspfählen bedingt deren Dauer. Da diese Pfähle dem Wasserwechsel ausgesetzt sind, so kann deren Dauer bei Eichen- und Lärchenholz höchstens zu 30 bis 40 Jahren, und bei Kiefernholz zu 15 bis 20 Jahren angenommen werden. Damit die Pfähle dem Drucke des Hinterfüllungsgrundes genügenden Widerstand leisten, werden dieselben in der Regel so tief in den Boden eingerammt, als sie über denselben hervorstehen. Bei geringer Höhe der Widerlager werden die Pfähle senkrecht eingerammt, wogegen sie bei hohen und stark hinterfüllten Widerlagern rückwärts geneigt und um den zwölften Theil ihrer Höhe aus dem Lothe gesetzt werden. Die Entfernung der Pfähle von Mitte zu Mitte richtet sich nach der Stärke der Bohlen, womit sie, zur Bildung einer zusammenhängenden Wand, auf der Rückseite verkleidet werden. Bei zweizölligen Bohlen beträgt die Entfernung der Pfähle 3 Fuß, bei dreizölligen Bohlen 4 Fuß und bei vierzölligen Bohlen 5 bis 6 Fuß. Um das Unterspülen zu verhindern, muß hinter die Pfähle unmittelbar oder hinter die Bohlenverkleidung auf der Rückseite der Pfähle eine Spuntwand bis über die Höhe des niedrigsten Wasserstandes angelegt werden, oder es müssen die horizontalen Verkleidungsbohlen bis zu dieser Höhe aus einer doppelten, die Fugen überbindenden Lage bestehen. Da der Erddruck gegen die Bohlwerke im Verhältniß vom Quadrate der Höhe derselben zunimmt, so bedürfen die Bohlwerke bei einer größeren Höhe als 10 bis 12 Fuß eine besondere Verstärkung durch Erdanker.

Wir geben in Fig. 72 die Ansicht und in Fig. 73 den Durchschnitt eines Bohlwerkes für ein Widerlager von 8 Fuß Höhe. Die kantig bearbeiteten Bohlwerkspfähle *a* sind 4 Fuß von Mitte zu Mitte von einander entfernt und

um den zwölften Theil ihrer Höhe rückwärts geneigt eingerammt, und, nachdem sie auf gleiche Höhe rechtwinklig abgeschnitten und mit Zapfen versehen sind, durch den Holm *b* miteinander zu einer Wand in Verbindung gebracht. Die Bohlwerkspfähle sind auf der Rückseite mit horizontal aufeinandergelegten und vermittelst eiserner Nägel aufgenagelten dreizölligen Bohlen auf die ganze Höhe verkleidet, und von dem Grunde bis auf die Höhe des niedrigsten Wasserstandes ist eine zweite Lage von horizontalen Bohlen über die erste so angebracht und mit dieser vernagelt, daß die Fugen der ersten Lage überdeckt sind. Die Fugen der oberen einfachen Bohlenverkleidung sind durch innen darüber genagelte Latten gedeckt. Die Pfähle von 16 Fuß Länge sind von achtzölligem Eichenholze und der Holm ist von demselben Holze 8 und 10 Zoll stark angenommen. Von zwei zu zwei Pfählen ist der Holm durch starke Eisenklammern oder darüber gelegte Eisenbänder mit den Pfählen verbunden.

Fig. 74 stellt die Ansicht und Fig. 75 den Durchschnitt einer Bohlwerkswand für ein Widerlager von 12 Fuß Höhe dar, dessen Constructionstheile gleichfalls aus kantig bearbeitetem Holze bestehen. Die Bohlwerkspfähle *a* sind auf zwei Dritttheile ihrer Höhe durch doppelte Zugbänder *e*, welche senkrecht gegen dieselben gerichtet sind, an den Ankerpfahl *f* vermittelst Eisenbolzen und den hinter dem Ankerpfahl angebrachten Querriegel *h* durch Ueberblattung befestigt. Die Zugbänder *e* sind mit den Pfählen *a* im doppelten Schwalbenschwanz überblattet und verbolzt und sitzen unmittelbar über der auf der Rückseite der Pfähle angebrachten Leitgurt *g*, welcher gleichfalls mit den Pfählen überblattet und verbolzt ist. Die Verkleidung auf der Rückseite der Pfähle besteht aus horizontal übereinandergelegten und übernutheten dreizölligen Bohlen, welche sich an die Leitgurt *g* genau anschließen, und außerdem ist gegen das Unterspülen von den Zugbändern abwärts eine Spuntwand, aus dreizölligen Bohlen bestehend, hinter der horizontalen Bohlenverkleidung eingetrieben. Wie aus der Ansicht Fig. 74 sich ergibt, so wird die beschriebene und im Durchschnitt Fig. 75 ersichtliche Verankerung nicht an jedem Bohlwerkspfahle, sondern je an dem zweiten Pfahle oder alle 8 Fuß angebracht. Wenn wir die Entfernung der Bohlwerkspfähle zu 4 Fuß von Mitte zu Mitte angenommen haben, so kann dies nur maaßgebend sein für solche Widerlager, auf denen die Balkenenden ruhen, ohne von den Pfählen aus durch Streben eine weitere Unterstützung zu erhalten. Werden von den Pfählen aus Streben angebracht, so richtet sich die Entfernung der Pfähle nach der Entfernung der unmittelbar darüber gelegten Balken oder Straßenträger, wie wir später an Beispielen von Jochbrücken im Ganzen kennen lernen werden. Für ein Widerlager von 18 bis 20 Fuß Höhe geben wir in Fig. 76 die Ansicht und in Fig. 77 den Durchschnitt einer Bohlwerkswand, deren Pfähle aus Rundholz bestehen, während die übrigen Constructionstheile aus kantig bear=

Fig. 72.

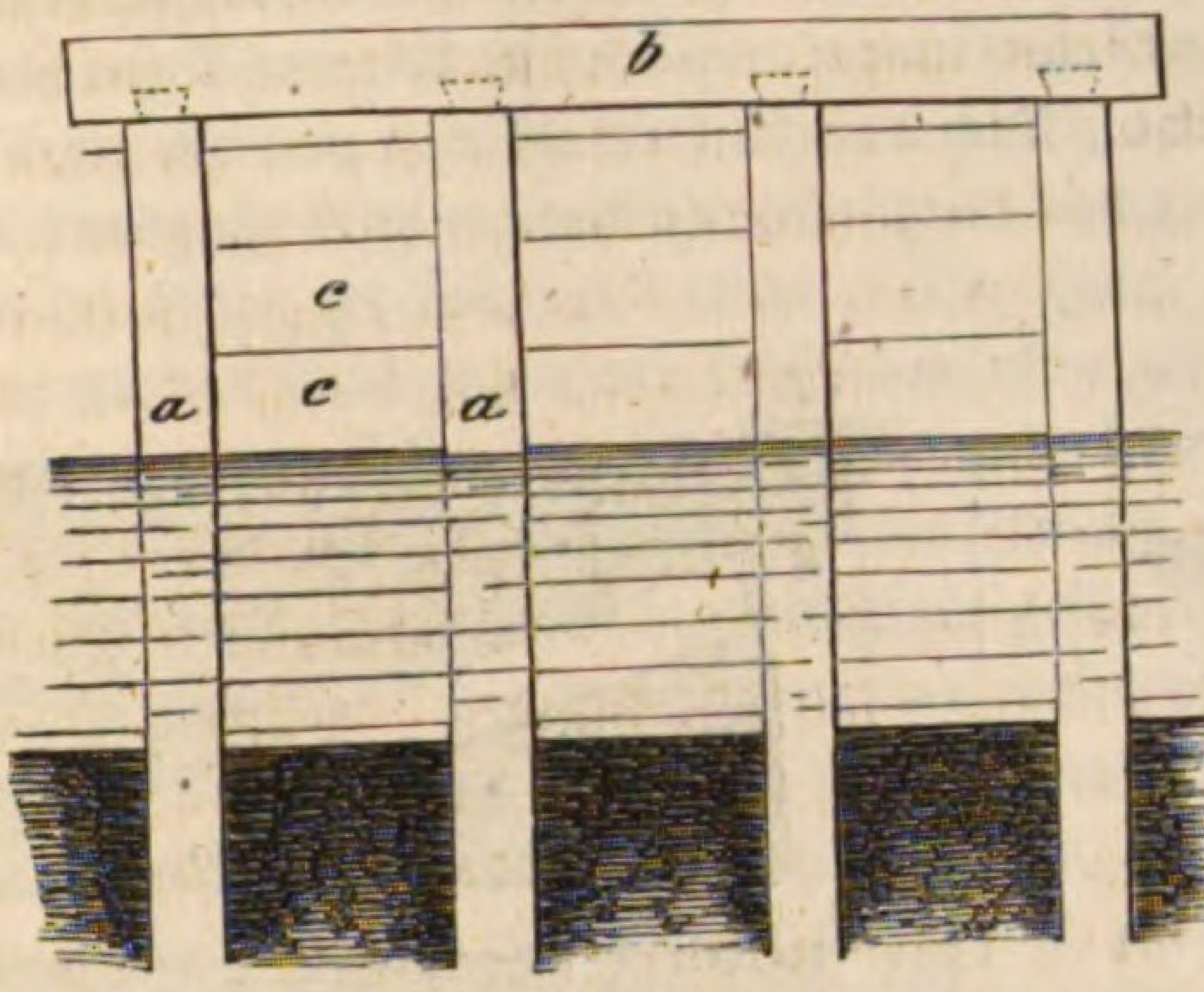


Fig. 73.

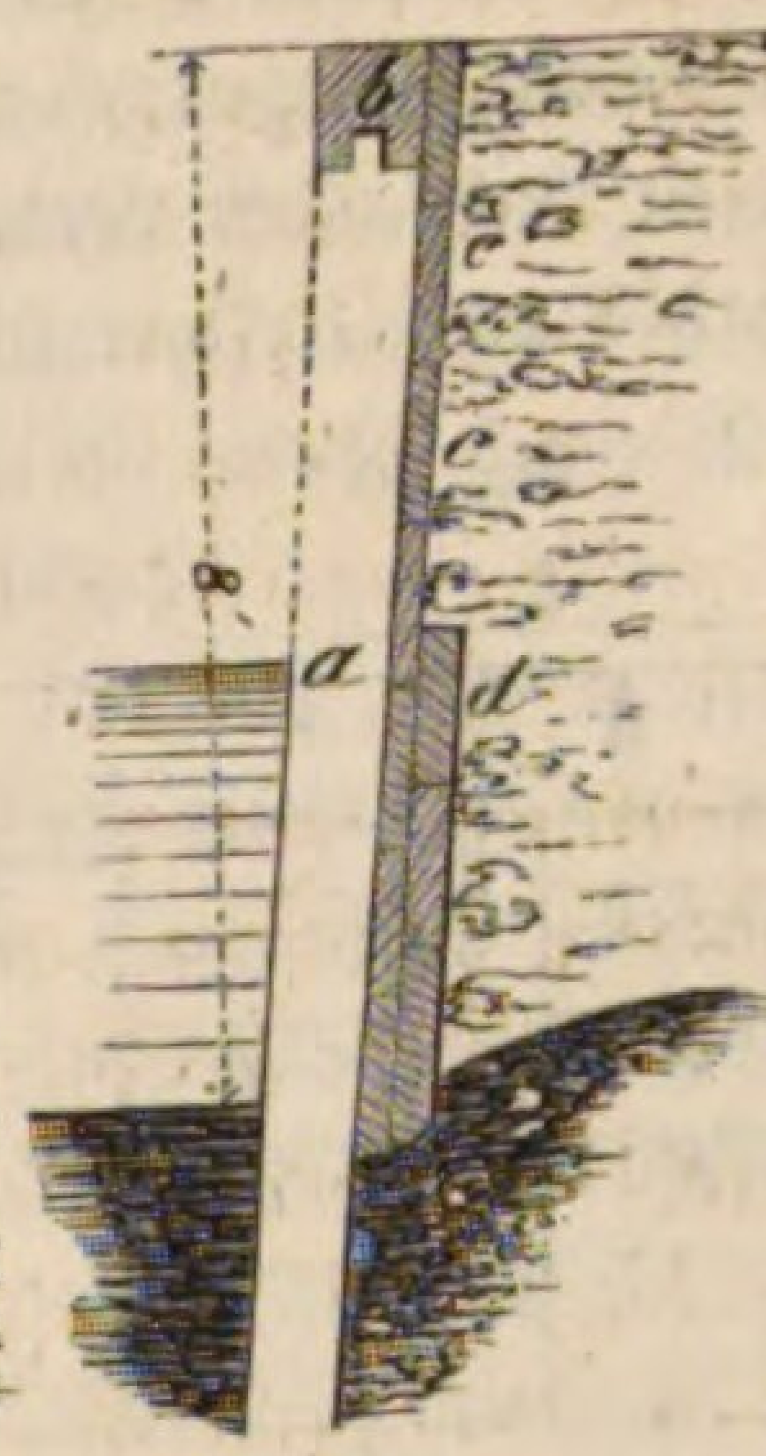


Fig. 74.

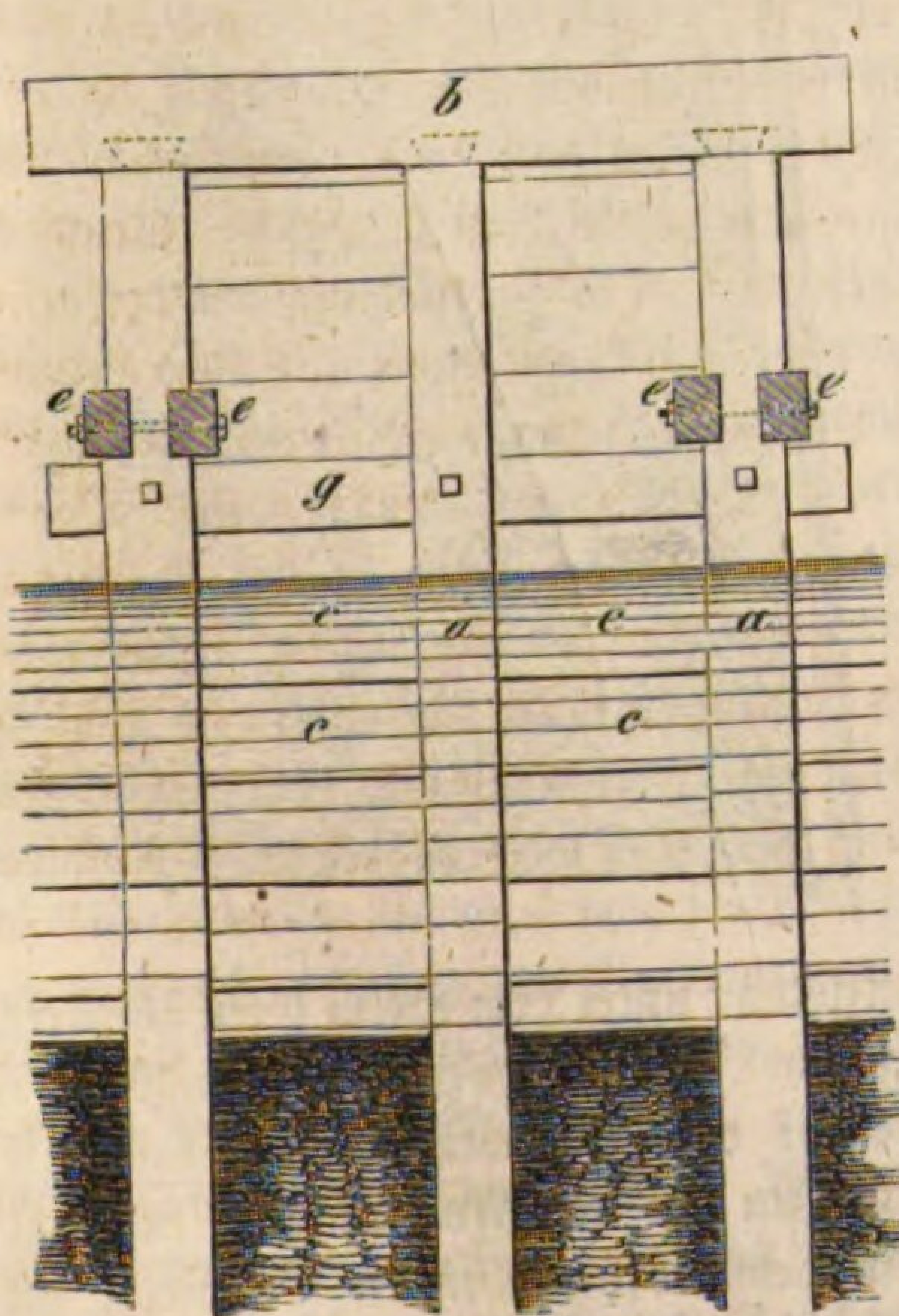
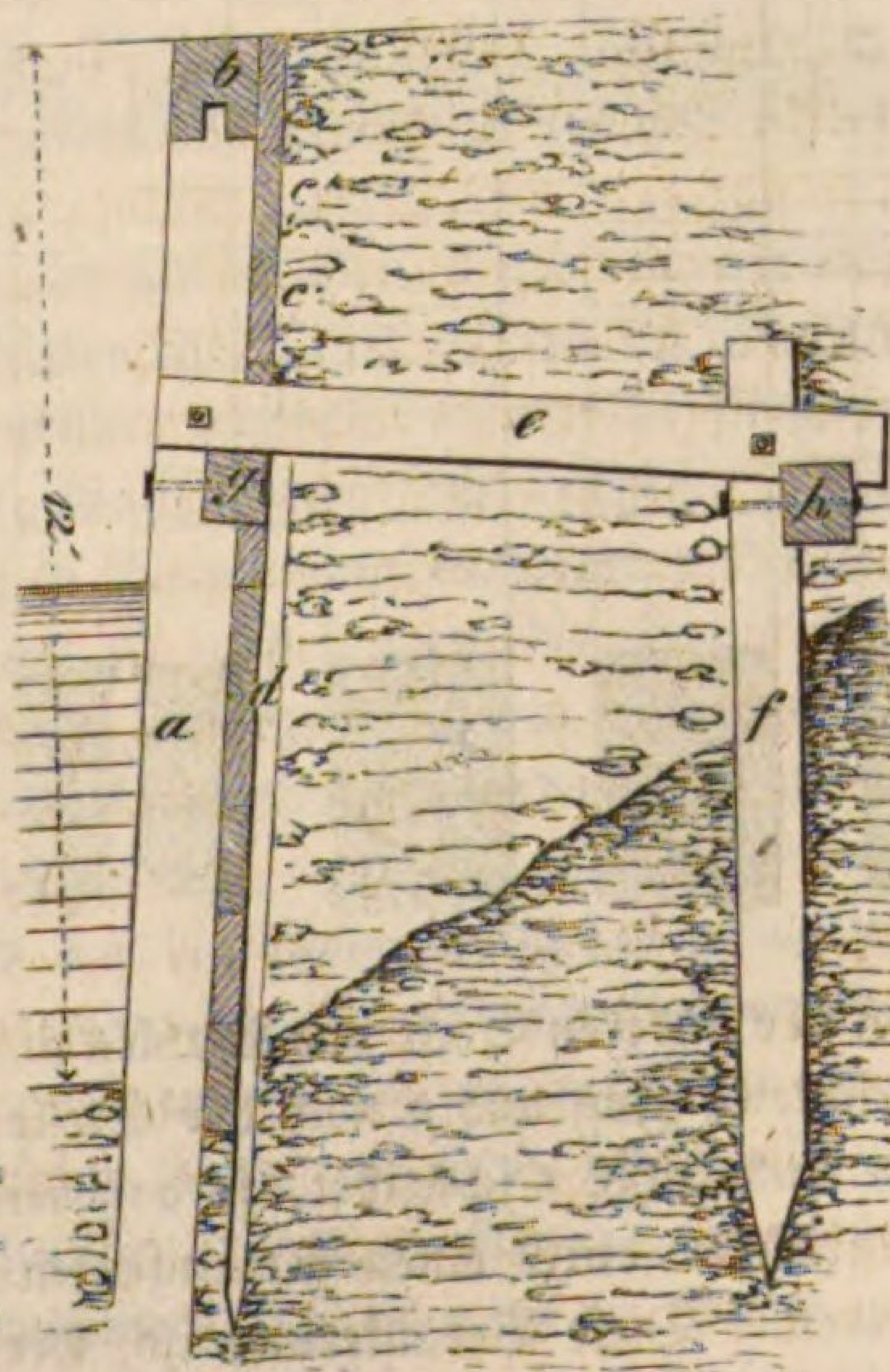


Fig. 75.



beitetem Zimmerholze hergestellt sind. Die Bohlwerkspfähle *a*, welche je nach der festeren oder lockeren Beschaffenheit des Baugrundes eine Länge von 30 bis 36 Fuß bei einer Stärke von 14 bis 16 Zoll am Kopfe erhalten, werden auf zwei Dritttheile ihrer Höhe vom Boden aufwärts durch eine außen angebrachte starke Leitgurt *h* und eine innen angebrachte Leitgurt *i* gerichtet und mit diesen Leitgurten verbolzt. Nach dem Ankerpfahl *f* ist von der einen Seite des Pfahls unmittelbar über den Leitgurten ein horizontales Zugband *e*, und

Fig. 76.

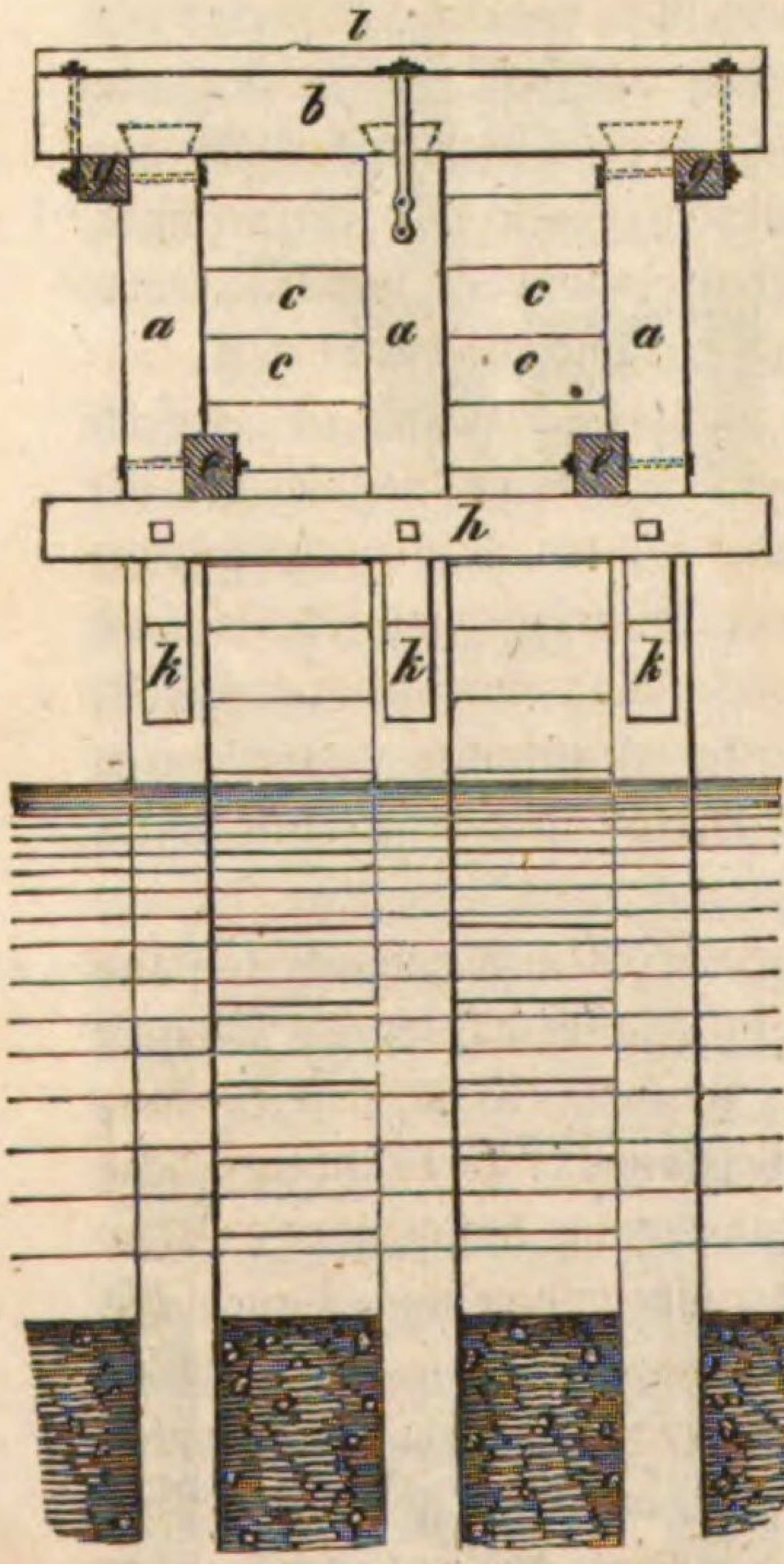
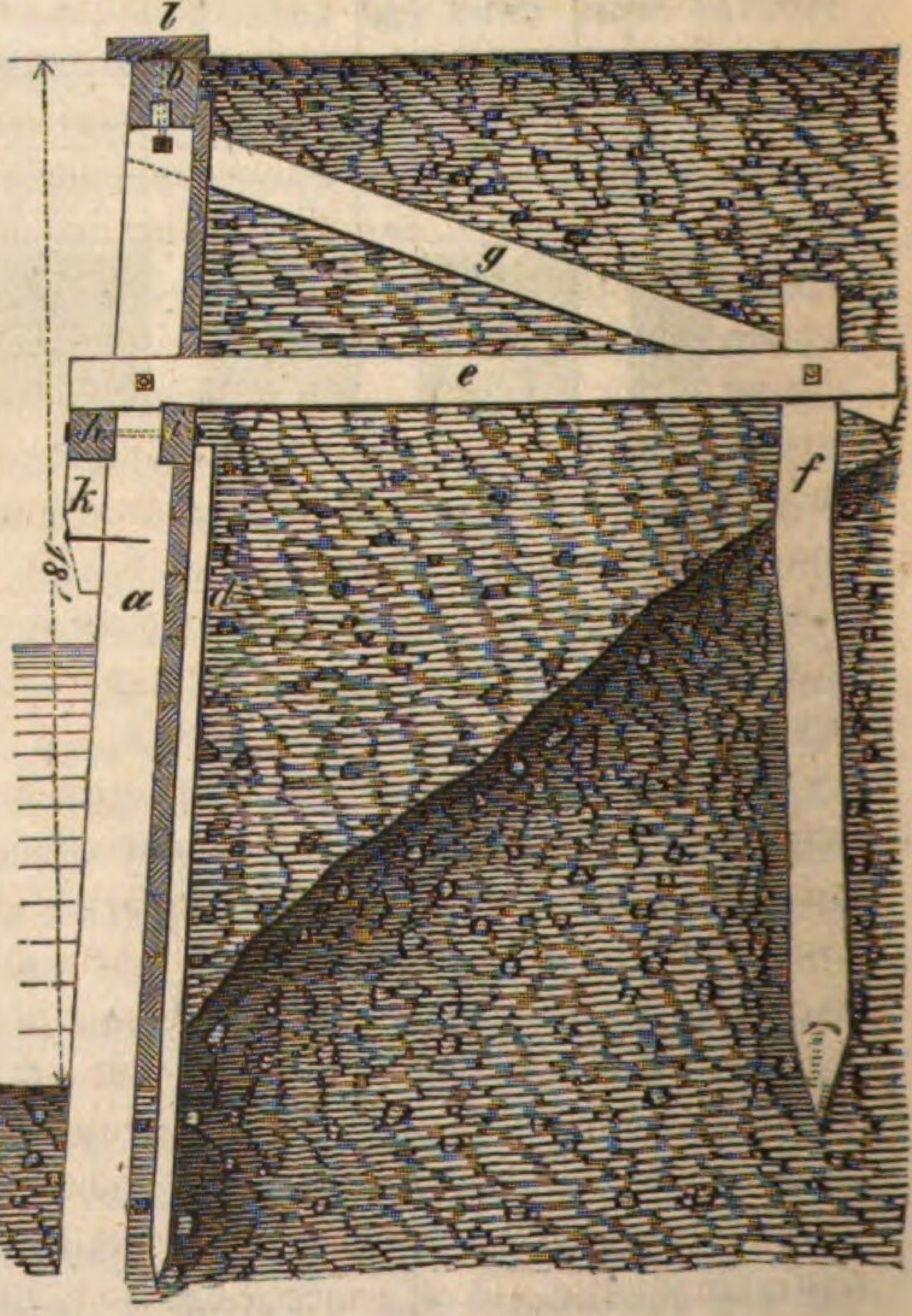


Fig. 77.



von der anderen Seite des Pfahles unmittelbar unter dem Holm *b* ein abwärts gerichtetes Zugband *g* nach der Stelle geführt, wo das horizontale Zugband *e* den Ankerpfahl *f* schneidet, so daß beide mit dem Bohlwerkspfahl *a* verbolzte Zugbänder durch einen gemeinsamen Bolzen an den Ankerpfahl *f* befestigt werden. Diese Verankerung ist, wie in dem vorhergehenden Beispiele, an jedem zweiten Bohlwerkspfahle angebracht, und es wird zugleich der Holm *b* durch Ringschrauben von den Bolzen aus, welche die Befestigung des Zugbandes *g* mit dem Kopfe des Bohlwerkspfahles *a* bilden, befestigt, während von

den nicht verankerten Zwischenpfählen aus Eisenbänder über den Holm gelegt und mit den Pfählen verbolzt sind. Die außen angebrachte Leitgurt *h* ist an jedem Pfahle durch aufgenagelte Knaggen *k* unterstützt, während die innere Leitgurt *i* zugleich einen Bestandtheil der auf die ganze Höhe der Bohlwerkswand unmittelbar auf die Pfähle genagelten Verkleidung von horizontalen vierzölligen Bohlen *c* ausmacht. Hinter der genannten Bohlenverkleidung ist eine Spuntwand aus vierzölligen Bohlen *d* eingetrieben, welche bis auf die Hälfte der Höhe der Leitgurt *i* reicht. Der Holm *b* ist durch einen Deckbohlen *l* gegen das Eindringen der Nässe von oben geschützt.

Beträgt die Höhe der Widerlager mehr als 20 Fuß, so müssen zwei Reihen Ankerpfähle in verschiedener Entfernung, der Richtung der alsdann immer senkrecht gegen die Bohlwerkspfähle geführten Zugbänder entsprechend, angebracht werden. Die Befestigung der unteren Zugbänder mit den Bohlwerks- und Ankerpfählen kann nach Fig. 74 und 75, und die der oberen Zugbänder mit den Bohlwerks- und Ankerpfählen nach Fig. 76 und 77 bewerkstelligt werden, so daß es überflüssig erscheint, ein besonderes Beispiel von der doppelten Verankerung einer hohen Pfahlwerkswand hiernach mitzutheilen, zumal die Beschaffenheit des Baugrundes und der Hinterfüllung sowohl, als auch die Stärke und Beschaffenheit der in Anwendung kommenden Hölzer, Veranlassung geben, die zweckentsprechenden Mittel aufzusuchen, durch deren Anwendung die Widerstandsfähigkeit hoher Bohlwerkswände gegen den Druck der Hinterfüllung gesichert wird.

Erfahrungsgemäß werden Bauhölzer an den Stellen, wo sie abwechselnd naß und trocken werden, also bei Constructionen im Wasser da, wo ein Steigen und Fallen des Wasserspiegels stattfindet, früher zerstört, als da, wo sie ganz unter Wasser oder über dem mittleren Wasserstande sich befinden. Die größte Dauer haben die beim Wasserbau in Anwendung kommenden Hölzer, wenn sie ganz unter Wasser stehen, und es ist insbesondere die Dauer des Eichenholzes unter Wasser als unbegrenzt zu betrachten, indem zur Genüge Erfahrungen darüber vorliegen, daß Eichenholz, welches Jahrhunderte unter Wasser gestanden, vollkommen gesund geblieben war, und eine größere Festigkeit erlangt hatte, als es, seiner Natur nach, vor der Verwendung haben konnte. Um nun das Bestehen von Bohlwerkswänden im Wasser nicht im Ganzen abhängig zu machen von der geringen Dauer derjenigen Hölzer, welche an den Stellen, wo der Wasserspiegel sich abwechselnd senkt und hebt, also zwischen dem niedrigsten bis zum mittleren Wasserstande, früher zu Grunde gehen, so würde dieser Zweck dadurch erreicht werden können, daß man die im Wasser zu erbauenden Bohlwerkswände der Brückenwiderlager ähnlich, wie wir dies bei der Construction der **Brückenjoche** kennen lernen werden, aus zwei Wänden zusammensetzte, einer **Grundwand** und einer **Oberwand**. Die **Grund-**

wand, als der untere Theil der Bohlwerkswand, welche nur bis zum niedrigsten Wasserstande geführt wird, könnte, aus Eichenholz bestehend, als unzerstörbar betrachtet werden, während die Oberwand an den Stellen, wo der Wechsel des Wasserspiegels eine frühere Zerstörung der Hölzer veranlaßt, eine geringere Dauer hat. Die Verbindung der Oberwand mit der Grundwand müßte derart hergestellt werden, daß die erstere sowohl in ihren einzelnen Bestandtheilen, wie auch im Ganzen erneuert und eingesetzt werden kann.

In den Fig. 78 bis 83 geben wir drei verschiedene Arten der Verbindung von Oberwänden mit den zugehörigen Grundwänden. Bei der Verbin-

Fig. 78.

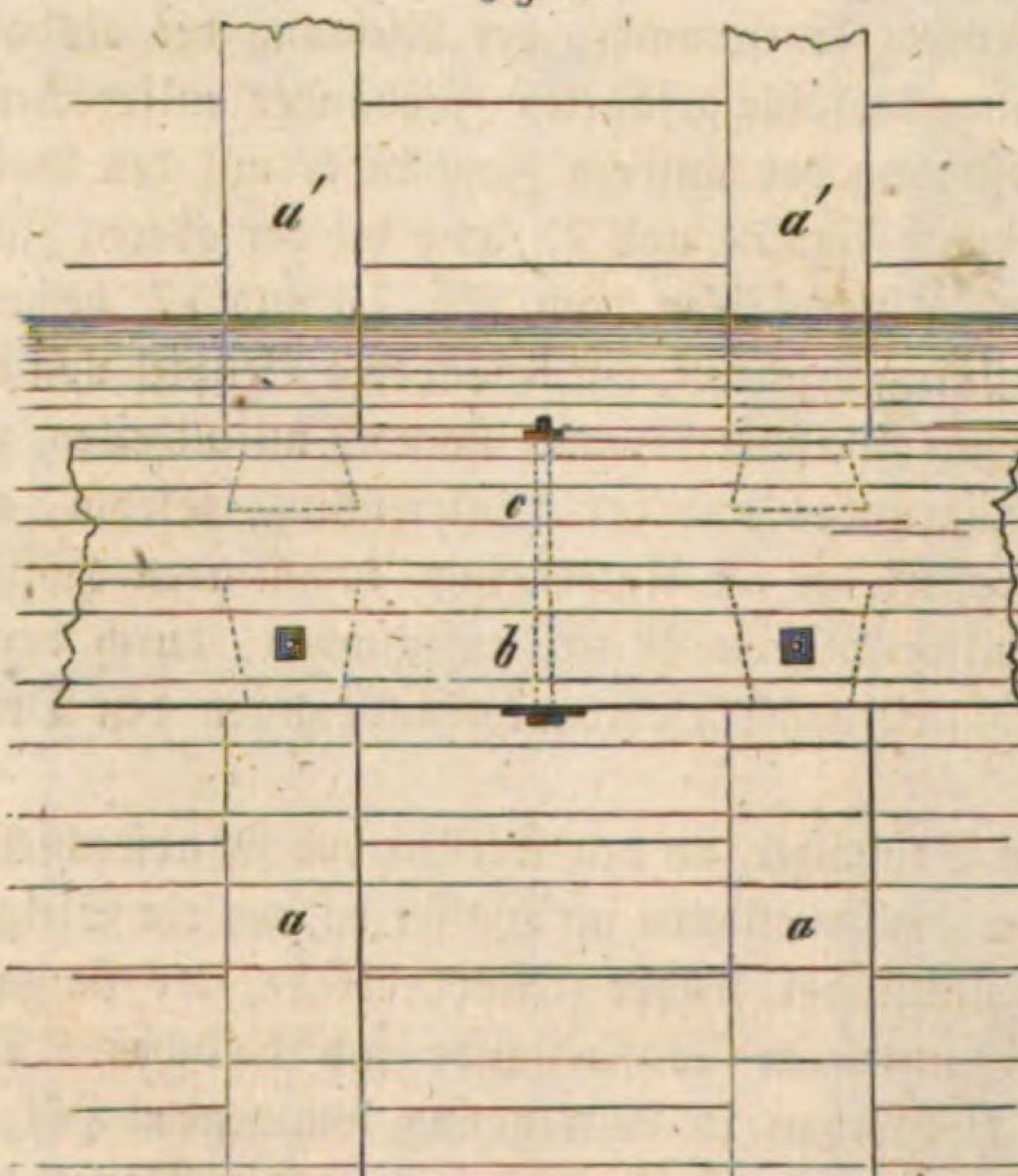
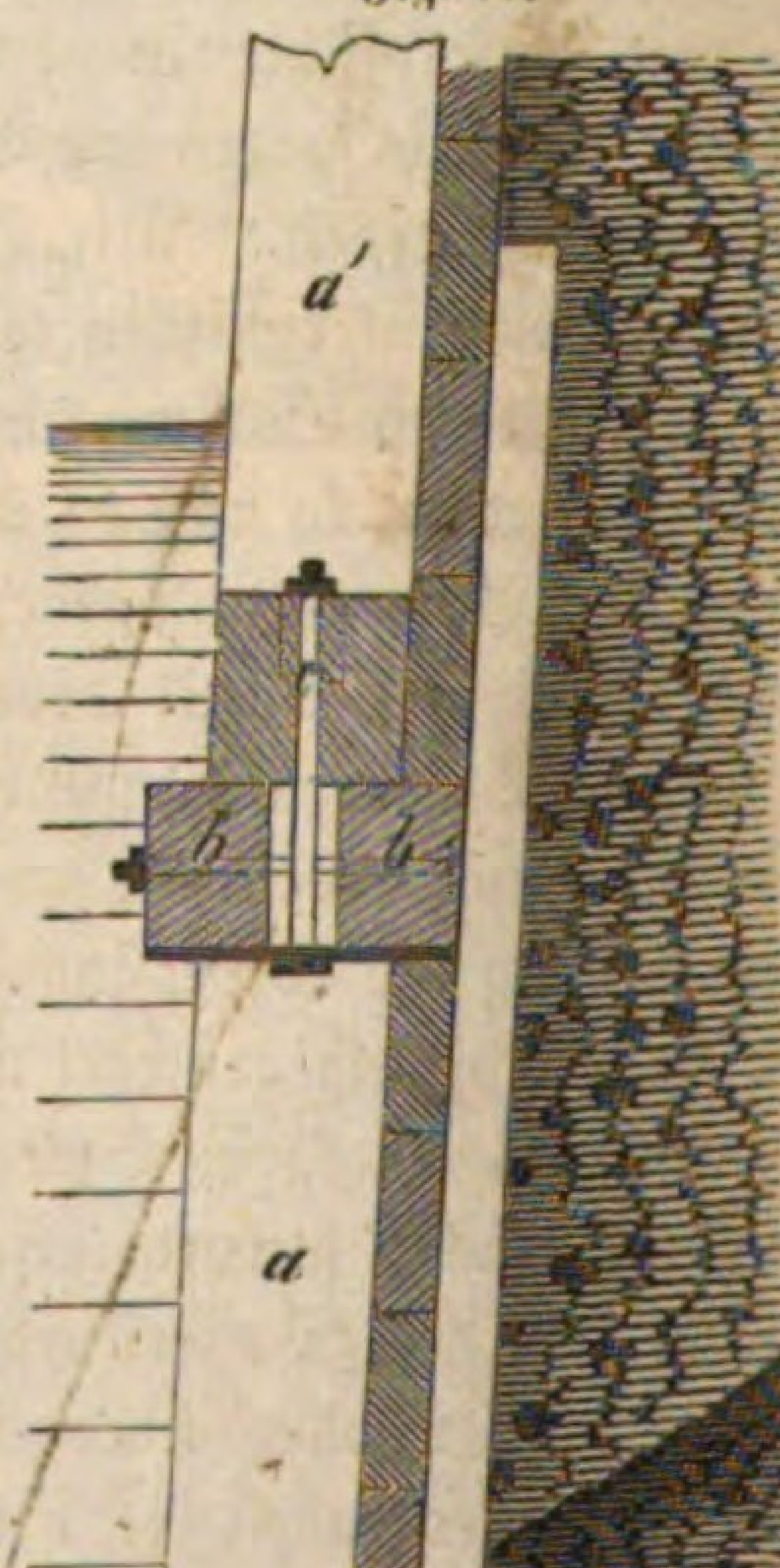


Fig. 79.



dung Fig. 78 in der Ansicht und Fig. 79 im Durchschnitt sind die Grundpfähle *a* statt durch einen einfachen Holm, durch zwei Zangen oder Gurten *b* derart verbunden, daß beide miteinander im Schwalbenschwanze überblattet und verbolzt sind. Die einfache Schwelle *c* der Oberwand, in welche die Hauptpfähle *a'* mit Keilzapfen eingreifen, ist in der Mitte eines jeden Feldes zwischen den Pfählen vermittelst eines Bolzens mit den doppelten Gurten *b* der Grundwand verschraubt. Der in der Mitte der Schwelle angebrachte Bolzen geht frei zwischen den beiden Gurten *bb* durch und sitzt mit seinem unteren Kopfe [auf] einer quer unter die Gurten gelegten eisernen Tragplatte.

Bei der Verbindung Fig. 80 in der Ansicht und Fig. 81 im Durchschnitt haben die Grundpfähle *a* einen einfachen Holm *b*, welcher außer den Keilzapfen noch durch übergelegte Eisenbänder mit Bolzen befestigt ist. Ueber dem Holm der Grundwand liegen zwei Gurten *c*, welche die unteren Enden der Hauptpfähle *a'* der Oberwand umschließen und mit diesen im Schwalbenschwanze überblattet und verbolzt sind. In der Mitte eines jeden Feldes zwischen den Wandpfählen wird der Holm *b* der Grundwand vermittelst eines Bolzens, welcher frei zwischen den Gurten *c* hindurchgeht und mit seiner Mutter auf eine quer über die letzteren gelegte Eisenplatte gesetzt ist, verschraubt.

Fig. 80.

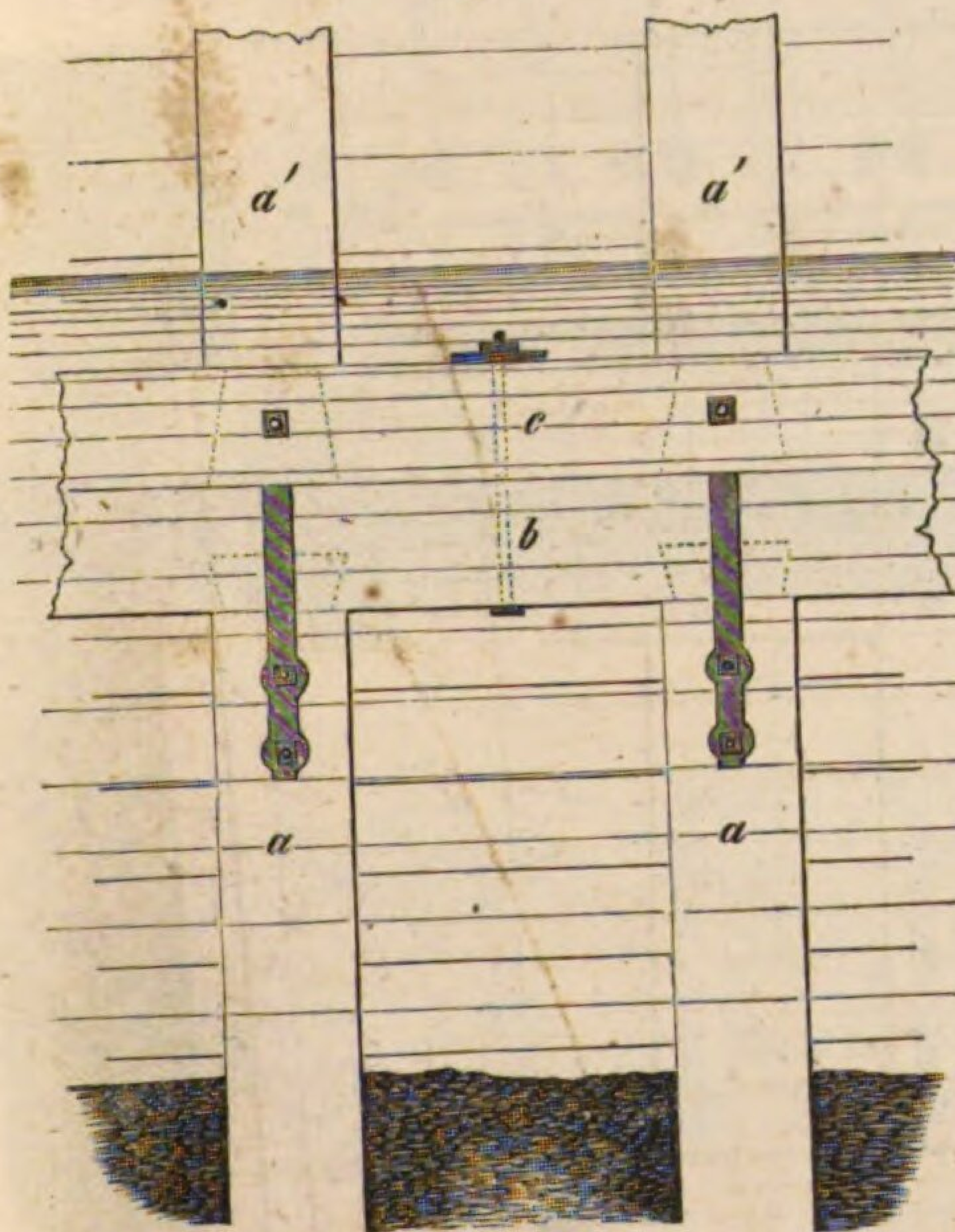
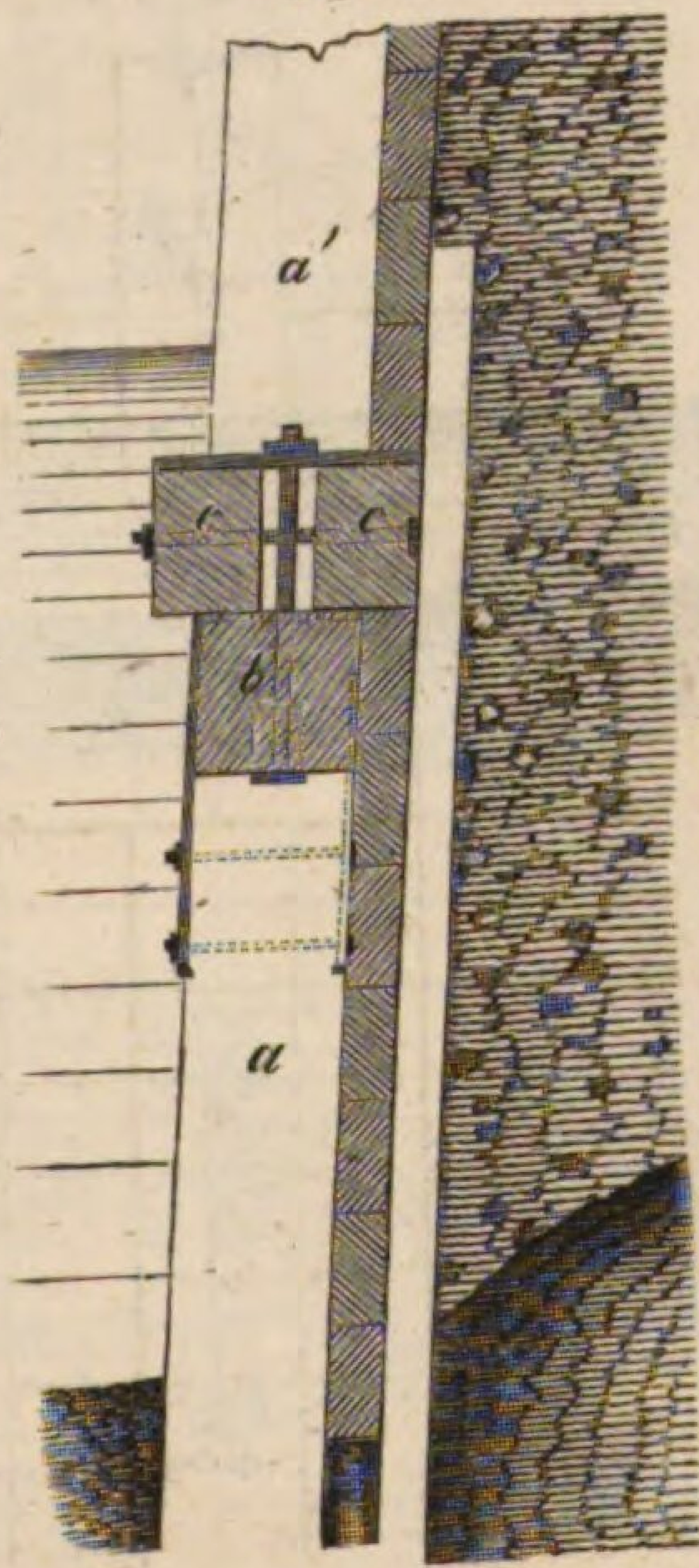


Fig. 81.



Die einfachste und zugleich wirksamste Verbindung stellt Fig. 82 in der Ansicht und Fig. 83 im Durchschnitte dar. Auf dem einfachen Holm *b*, welcher mit den Grundpfählen *a* durch Keilzapfen verbunden ist, liegt die ebenfalls einfache und durch Keilzapfen mit den Hauptpfählen *a'* der Oberwand verbundene Schwelle *c*. In der Mitte eines jeden Feldes zwischen den Wandpfählen sind im festen Anschluß an den Holm *b* Grundpfähle, der eine auf der vorderen, der andere auf der hinteren Seite, eingetrieben, welche als Bestandtheile der Grundwand nicht über den niedrigsten Wasserspiegel reichen, sondern unter demselben in gleicher Höhe abgeschnitten sind, und an welche nun die

Schwelle *c* der Oberwand, welche zwischen dieser doppelten Pfahlreihe zu liegen kommt, vermittelst durchgreifender Bolzen befestigt wird. Da bei dem festen Anschluß der eingerammten Pfähle *d* an den Seitenflächen der Oberwandschwelle *c* kein Drehen der letzteren möglich ist, so bedürfen die zur Befestigung dienenden Schraubenbolzen nur einer geringen Stärke, so daß auch in Bezug auf Kostenersparniß die in den Fig. 82 und 83 dargestellte Verbindung von Grund- und Oberwänden bei Bohlwerken im Wasser empfohlen zu werden verdient.

Indem wir unsere Betrachtung über die Construction der Bohlwerkswände als Widerlager der Fahrbahn von Jochbrücken hiermit schließen, haben

Fig. 82.

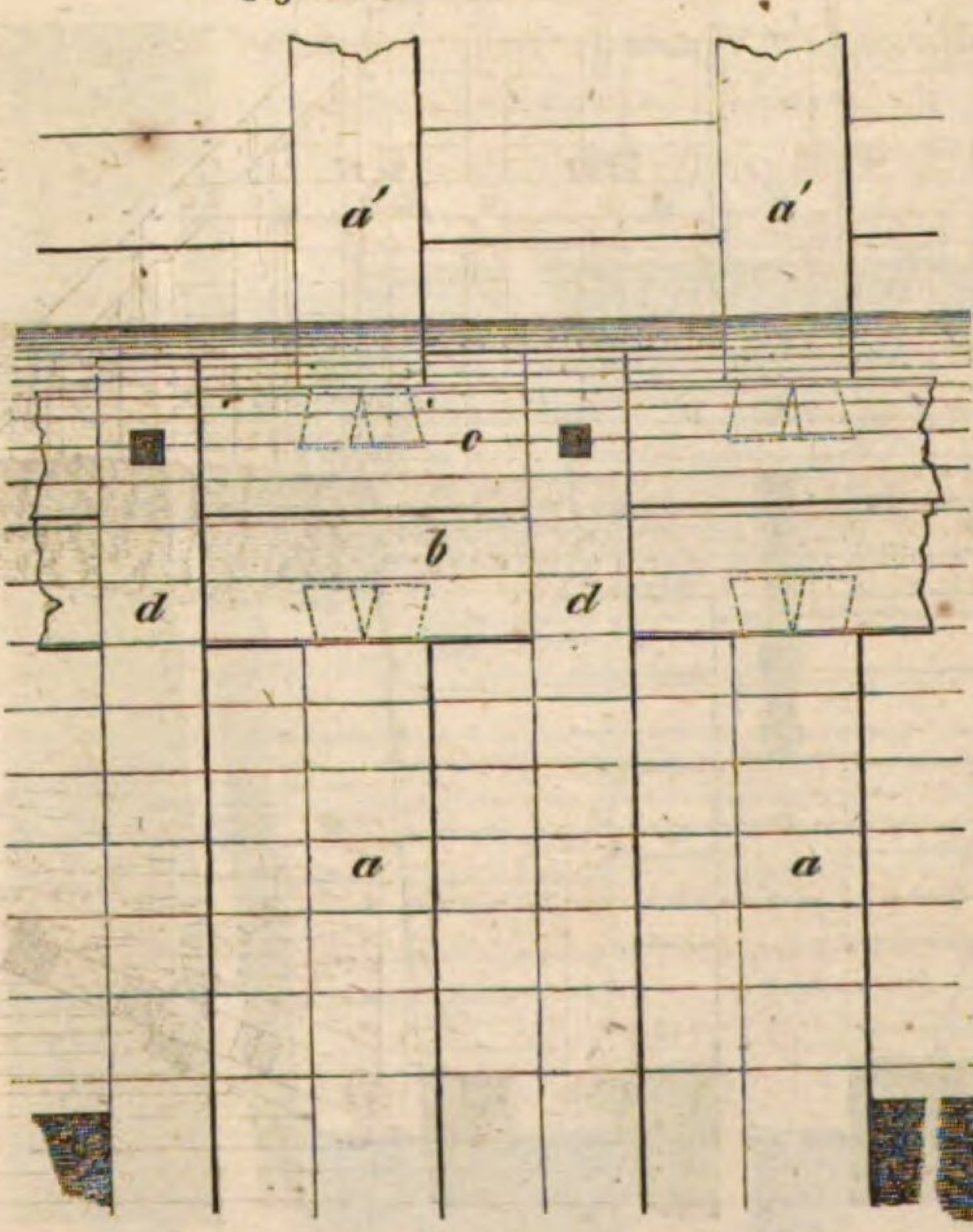
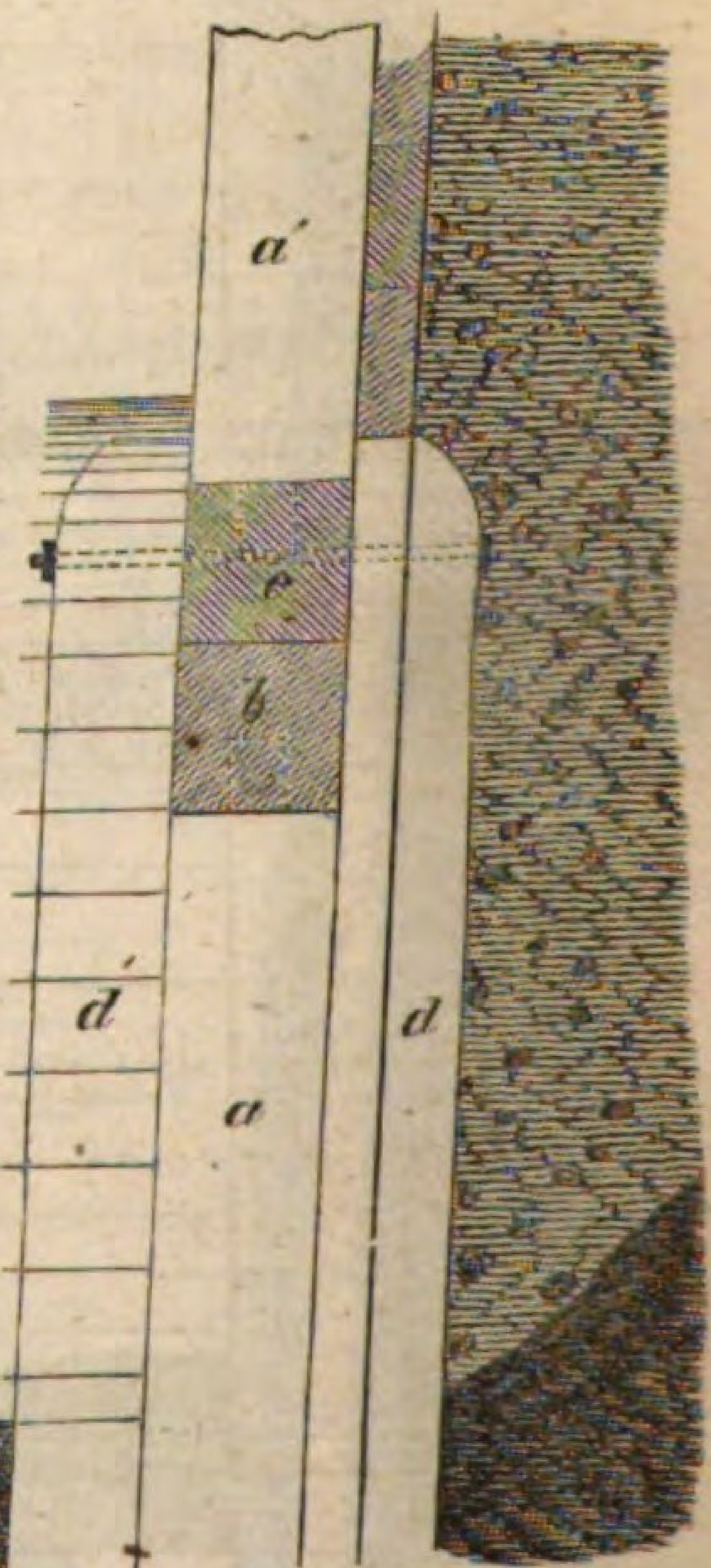


Fig. 83.



wir noch der **Flügelwände** zu gedenken, welche auf beiden Seiten zum Abschluß der Böschungen des Straßendammes angebracht werden und einen unentbehrlichen Bestandtheil der Widerlager ausmachen. Zur Sicherung der Widerlager gegen das Hinterspülen sowohl, als auch zur Vermehrung der Widerstandsfähigkeit gegen den Stoß schwimmender Körper, und um die letzteren von dem Widerlager ab und in die Strömung zu lenken, werden die Flügelwände nicht in gerader Linie mit der, die Fahrbahn unterstützenden Stirnwand, sondern von dieser rückwärts und meist so angelegt, daß der Winkel der Zurückziehung $22^1/_2$ Grad beträgt. Aus der Ansicht Fig. 84 und dem Grundrisse

Fig. 85 eines Widerlagers mit Flügelwänden ist der Anschluß dieser Wände an die Stirnwand ersichtlich. Die geneigten Holme der Flügelwände, welche *Streichholme* oder *Streichbalken* genannt werden, sitzen oben unter dem Holm der Stirnwand stumpf an, werden außer der Keilzapfenverbindung noch durch übergelegte Eisenbänder an die Grundpfähle befestigt, und endigen über den letzten Pfählen, mit welchen die Flügelwände nach der Ausladung der Böschung des Straßendammes abschließen, als Holme mit Vorstößen, welche durch den Grund des Dammfeldes gedeckt werden.

Fig. 84.

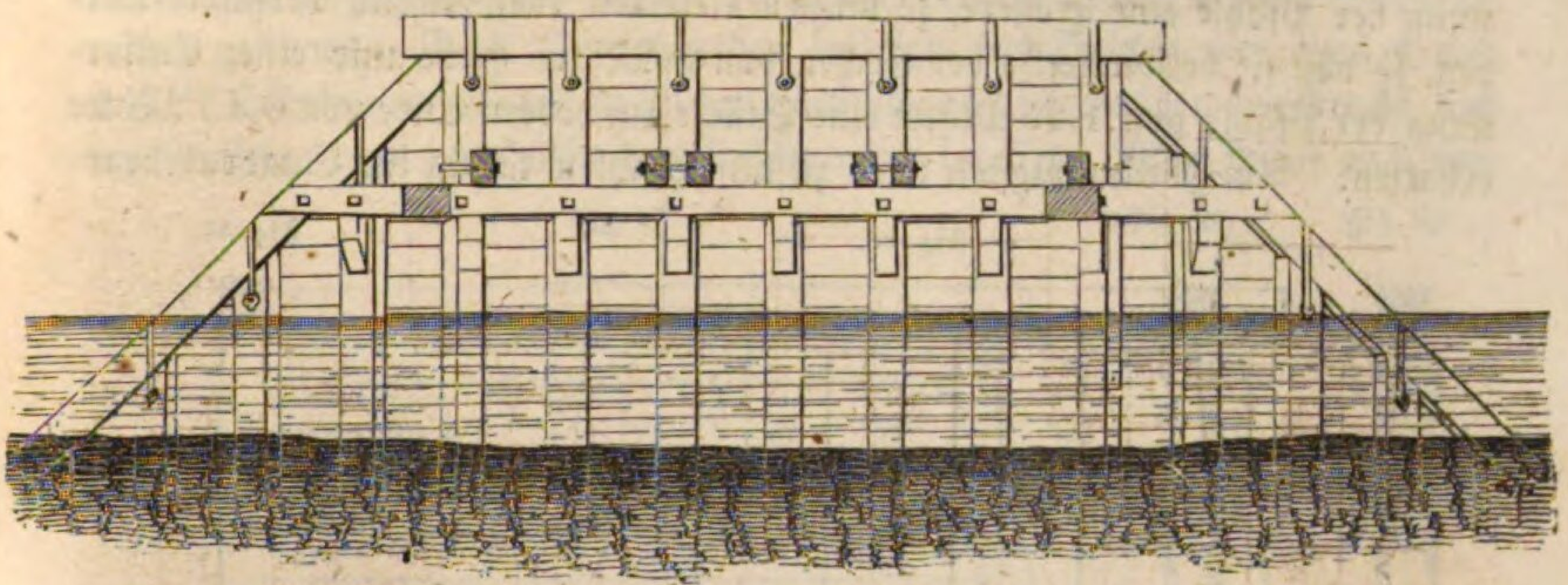
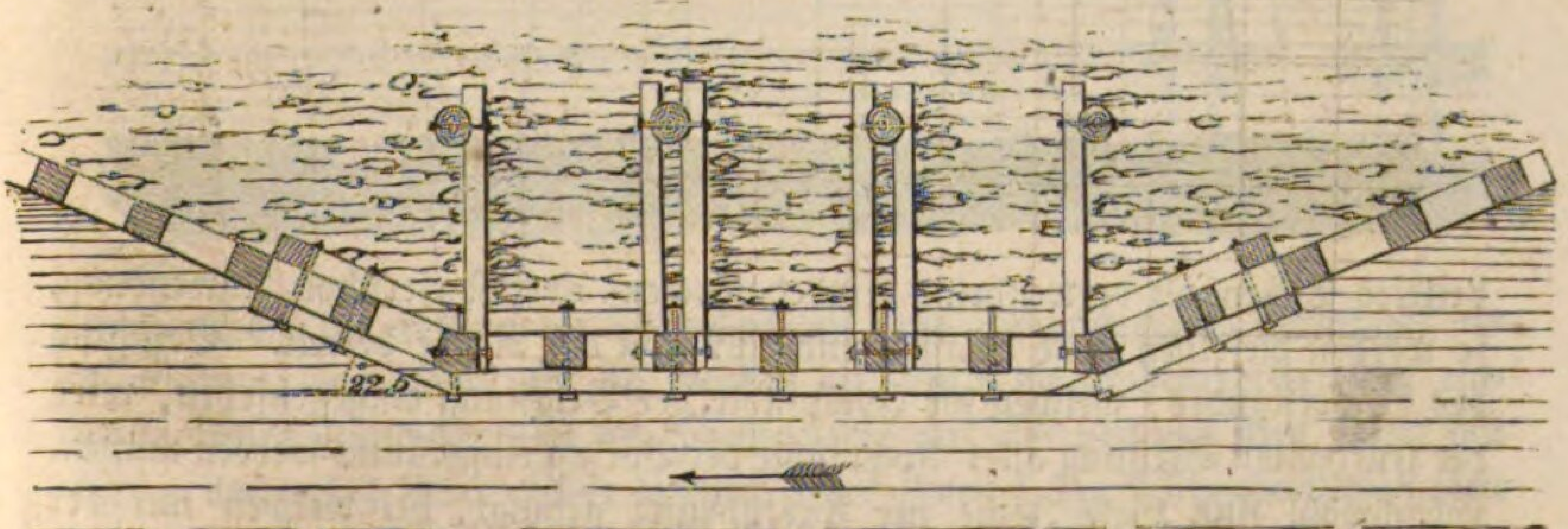


Fig 85.



b. **Die Joche** werden *einfache* genannt, wenn die Jochwand aus nur einer Reihe von Pfählen besteht; *zusammengesetzte*, wenn die Jochwand aus mehreren Pfahlreihen nebeneinander, welche untereinander zu einem Ganzen verbunden werden, gebildet ist. Die Jochpfähle müssen eine genügende Stärke erhalten, um die Brücke und deren Belastung tragen zu können, und zugleich, je nach der Festigkeit des Bodens und der Höhe des Wasserstandes bei Eisgang, so tief eingerammt werden, daß sie dem Druck und Stoß der Eismasse widerstehen, und daß ihre feste Stellung durch Auskolken zunächst der

Joche nicht gefährdet ist. Die Tiefe des Einrammens der Jochpfähle beträgt, wie bei den Bohlwerkswänden, ein Drittheil bis die Hälfte ihrer Länge. Die Stärke der Jochpfähle richtet sich nach der Höhe der Jochwand über dem Boden und wird in der Regel wie folgt angenommen:

Bei einer Höhe von	2 bis 3 Mètre	0,21 bis 0,24 Mètre
" " " "	3 — 4 "	0,27 — 0,3 "
" " " "	5 — 10 "	0,35 — 0,375 "

Diesen Stärken entsprechend ist eine Entfernung der Jochpfähle von Mitte zu Mitte von 0,75, bis 0,9 Mètre angenommen. Wird die Entfernung der Pfähle eine größere, so müssen dieselben entsprechend verstärkt werden, so daß sie beispielweise bei Jochen von 5 Mètre Höhe und einer Entfernung der Pfähle von 1,25 Mètre eine Stärke am oberen Ende von 0,45 Mètre erhalten. Am zweckmäßigsten wird zu den Pfählen kantig im Quadrat bearbeitetes Eichenholz verwendet. Findet Lärchen- oder Kiefernholz Anwendung, so werden dieselben rund belassen und nur von der Rinde befreit. Bezüglich des Widerstandes, welchen die Jochpfähle der Belastung entgegensetzen, wird der senkrechten Stellung aller Jochpfähle der Vorzug eingeräumt werden müssen. Gleichwohl sind viele Joche zur Ausführung gelangt, bei welchen nur der mittelste Pfahl oder einige der mittleren Pfähle senkrecht, die äußeren Pfähle dagegen, zur Vermehrung des Widerstandes gegen Treibeis oder andere schwimmende Körper, als Streben auf- und abwärts schräg eingetrieben sind.

Fig. 86.

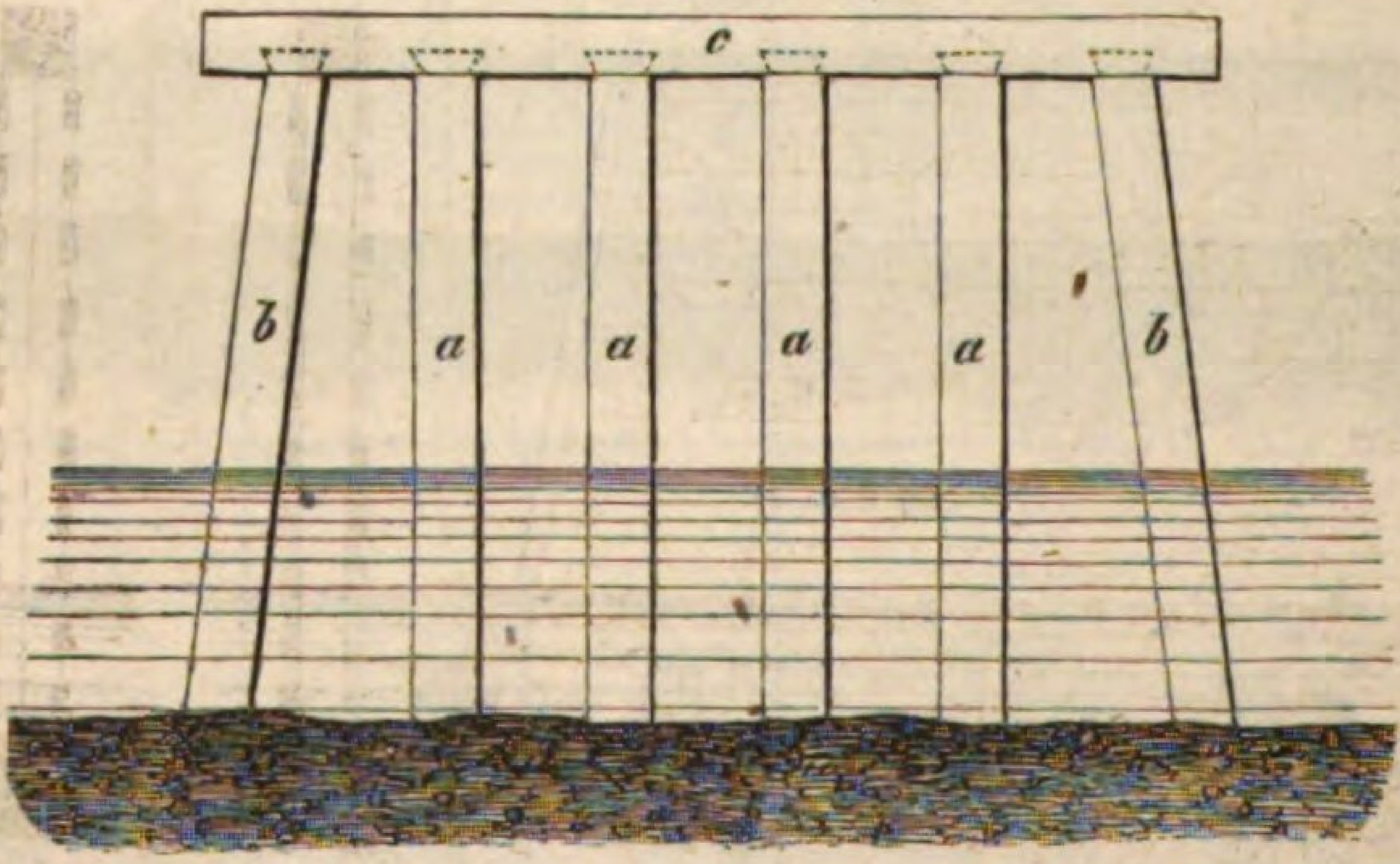
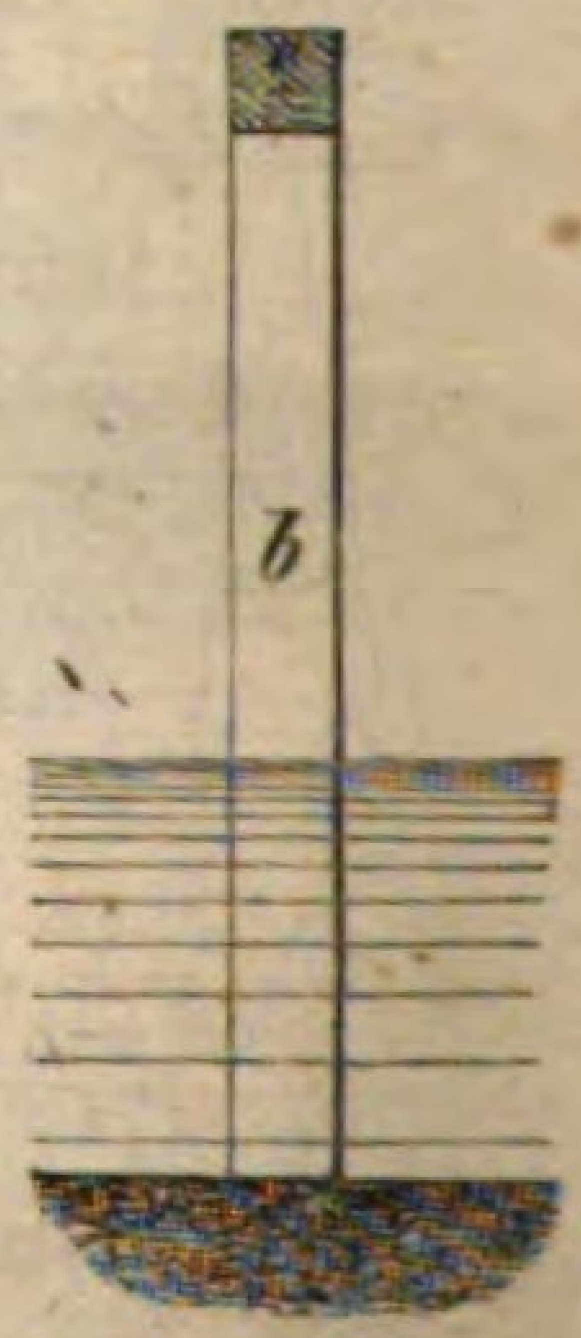


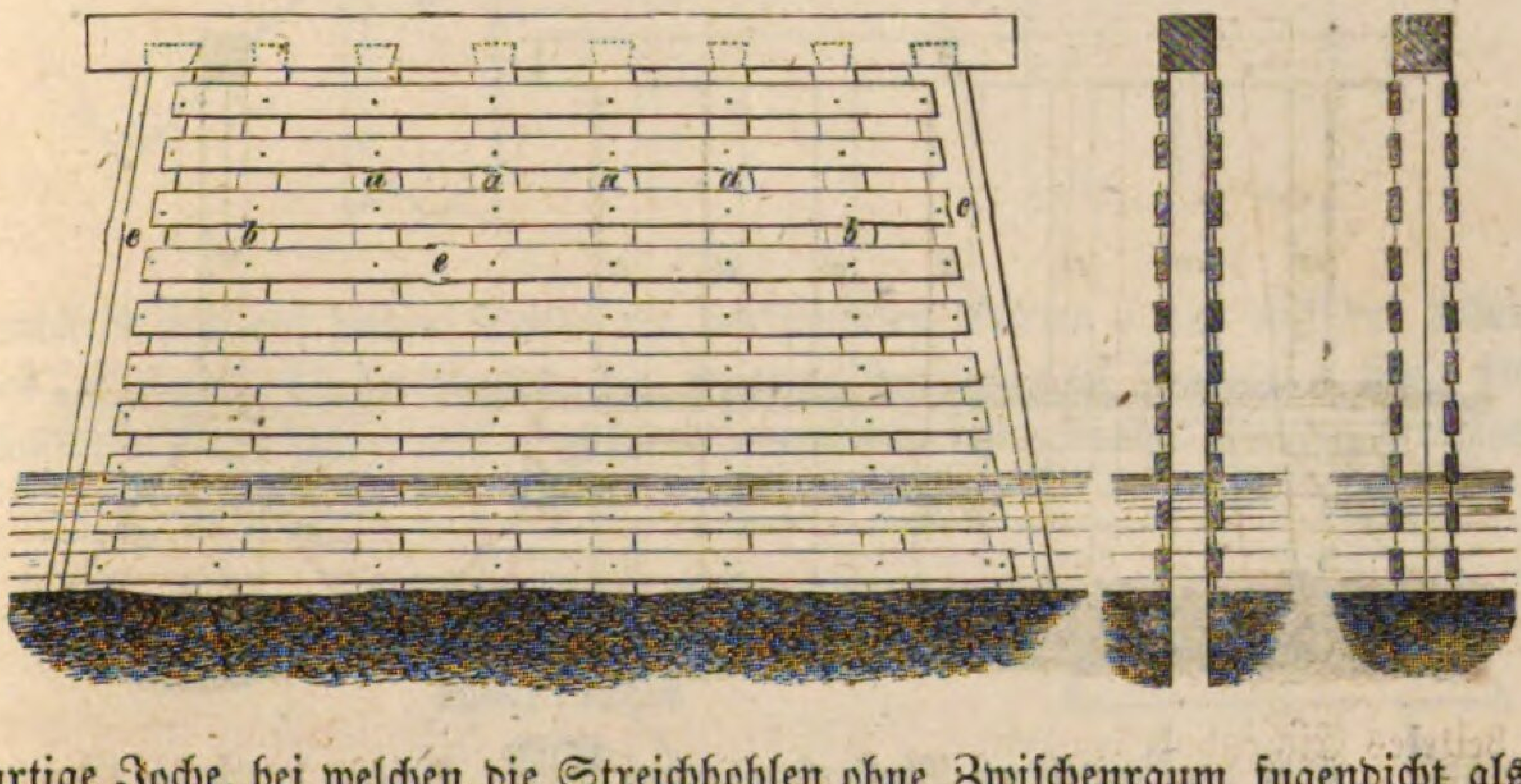
Fig. 87.



Das einfachste Joch dieser Art geben wir in der Ansicht Fig. 86 und im Durchschnitte Fig. 87. Von den sechs Pfählen dieses 2 Mètre hohen Joches sind nur die vier mittleren *a* senkrecht, die beiden äußersten *b* aber stromauf- und abwärts als Streben schräg eingerammt. Außer dem vermittelst Keilzapfen auf die Pfahlköpfe befestigten Holm *c* ist keine weitere Verbindung der Pfähle untereinander angebracht. Eine Jochwand von größerer Länge und

einer Höhe von 4 bis 5 Mètre, welche durch acht Jochpfähle gebildet ist, von denen nur die mittleren vier senkrecht, die beiden äußeren stromauf= und abwärts aber als Strebepfähle schräg eingerammt sind, geben wir Fig. 88 in der Längenansicht, Fig. 89 im Durchschnitte und Fig. 90 in der Stirnansicht. Die äußersten Strebepfähle *cc* sind stärker als die inneren senkrechten Pfähle *a* und die schräg eingetriebenen Pfähle *b*, so daß die zur Herstellung einer wirksamen Längenverbindung der Pfähle untereinander darüber gelegten horizontalen Gurten *e*, welche mit den Pfählen vernagelt werden, zugleich mit diesen stärkeren Pfählen eine Ueberblattung erhalten. Diese horizontalen Ruthen *ee* werden, da sie zugleich zum Schutze der Pfähle beim Eisgange dienen, Streichruthen genannt. Diese Streichruthen bestehen aus Bohlen von etwa 4 und 8 Zoll Stärke und werden in solcher Entfernung voneinander angebracht, daß der Zwischenraum die Hälfte der Bohlenbreite beträgt. Man findet auch der=

Fig. 88. Fig. 89. Fig. 90.



artige Joche, bei welchen die Streichbohlen ohne Zwischenraum fugendicht als Verkleidung angebracht, und bei welchen die, durch die Bohlenverkleidung eingeschlossenen Zwischenräume der Pfahlgefache mit Steinen und Kies, sogar mit Beton ausgefüllt sind. Wird dadurch ohne Zweifel die Widerstandsfähigkeit der Joche gegen Eisgang vermehrt, so hat doch die Erfahrung gezeigt, daß die durch die Bohlenverkleidung gegen den Zutritt der Luft abgeschlossenen inneren Jochpfähle viel früher zu Grunde gehen als freistehende Jochpfähle, und daß die schlechte Beschaffenheit der verkleideten Pfähle bei sehr stark befahrenen Brücken zuweilen erst entdeckt wurde, wenn diese Pfähle schon bis auf den inneren, nur noch wenige Zolle starken Kern zerstört waren, so daß die morschen Joche ohne die sorgfältig unterhaltene Verschaalung, auf welche die Belastung übertragen wurde, unter dem Drucke einer zufälligen starken Belastung hätten zu Grunde gehen müssen. Diese Erfahrungen weisen darauf hin, daß

es von der größten Wichtigkeit ist, sich jederzeit von der Beschaffenheit wichtiger Theile einer Holzconstruction überzeugen zu können, und daß, wie bei den Jochen, so auch bei anderen der Durchnässung ausgesetzten Bestandtheilen, Bohlenverkleidungen, durch welche die Hölzer nicht vor dem Eindringen der Nässe vollkommen geschützt werden können, dabei aber dem, zur Erhaltung der Hölzer unentbehrlichen Luftzuge entzogen werden, zu vermeiden sind. Den vorbeschriebenen Beispielen von Jochen mit zum Theile schräg eingerammten Jochpfählen lassen wir in den Fig. 91 bis 96 zwei Beispiele von Jochen folgen, bei welchen die sämmtlichen Jochpfähle senkrecht eingerammt sind, und deren Widerstandsfähigkeit gegen den Druck des Eises und anderer schwimmender Körper durch besondere Streben sowohl stromauf- und abwärts, als auch von beiden Seiten vermehrt ist. Bei dem Joche von 5 Mètre Höhe, welches in Fig. 91 in der Längenansicht und in Fig. 92 in der Stirnansicht dargestellt ist, sind die Jochpfähle *a* über dem mittleren Wasserstande auf beiden Seiten durch die Gurten *cc*, welche mit denselben verbolzt sind, untereinander verbunden. Gegen die äußersten Stirnpfähle *a'* sind eingerammte doppelte Strebepfähle *d* gesetzt, welche über diese Stirnpfähle *a'*, mit denen sie verbolzt sind, hinweggehen und stumpf unter den Ruthen *c* ansitzen. Die Vorstöße der Gurten sind nach Fig. 93 und 94 durch Querriegel *f*, welche mit den Strebepfählen *d* überkämmt sind, unterstützt. Ist durch die Strebepfähle *d* die senkrechte Stellung der Jochwand ihrer Länge nach gesichert, so ist noch von dem mittelsten Jochpfahle aus eine seitliche Verstärkung nach Fig. 95 im Querschnitt und Fig. 96 in der Längenansicht durch beiderseits eingerammte doppelte Strebepfähle *g* angebracht, welche stumpf unter den Gurten *c* ansitzen, und sowohl unter sich als mit dem Jochpfahle verbolzt sind. Die Construction dieses Joches ist bei einem Gebirgsfluß angewendet und hat sich vollkommen bewährt.

Fig. 91.

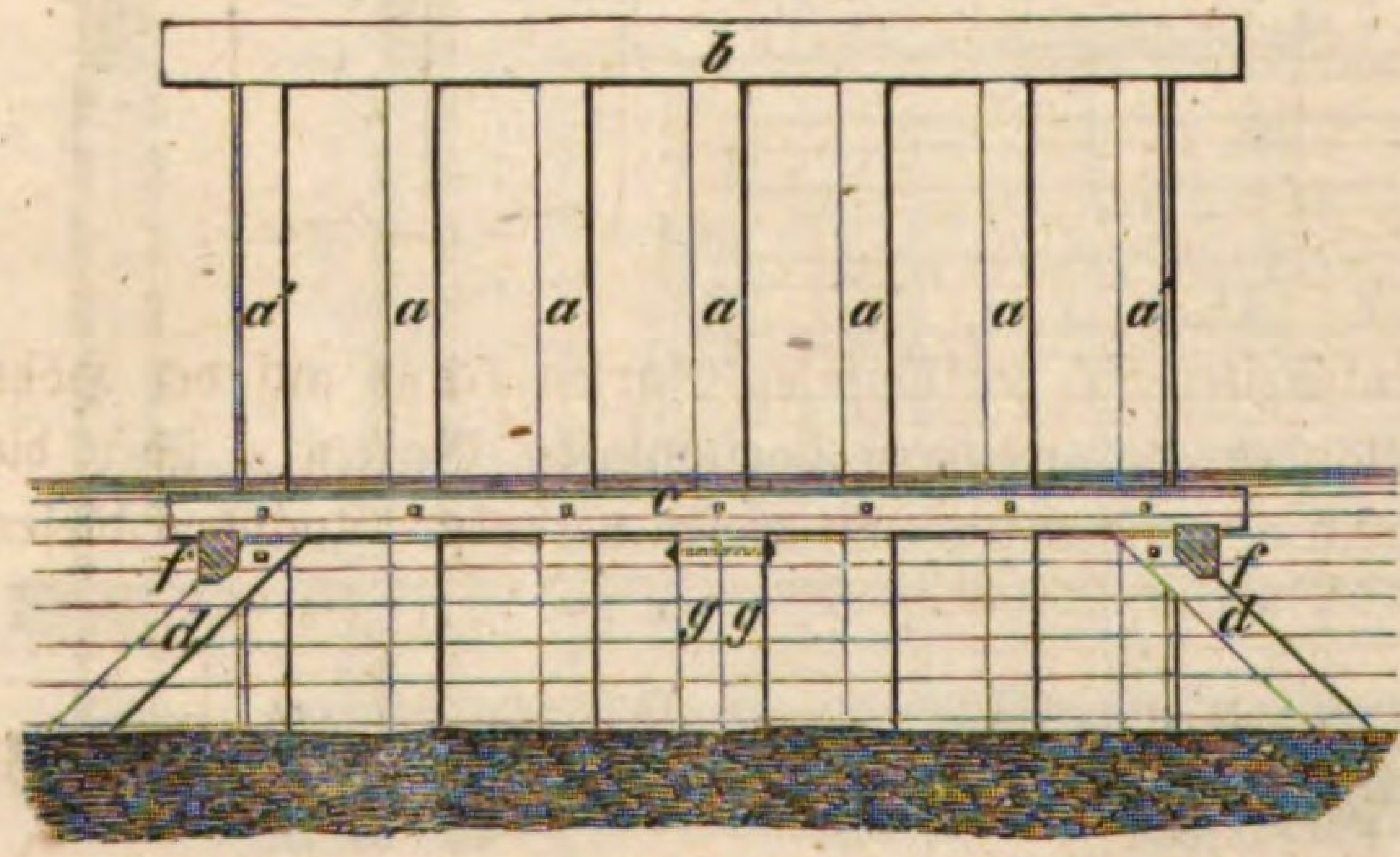
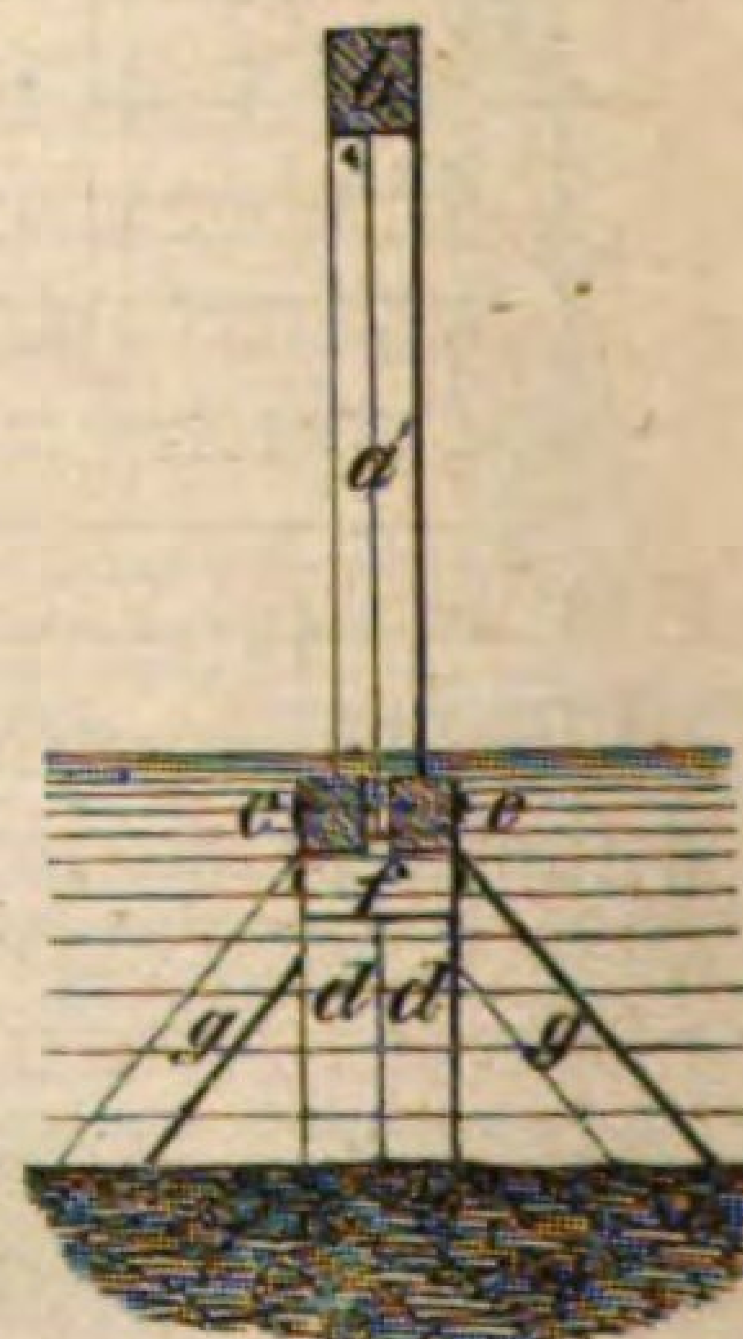


Fig. 92.



Das in Fig. 97 in der Längenansicht und Fig. 98 in der Stirnansicht dargestellte Joch von 8 Mètre Höhe besteht ebenfalls aus lauter senkrecht eingerammten Pfählen. In einer Entfernung von 0,5 Mètre von dem Holme

Fig. 93.

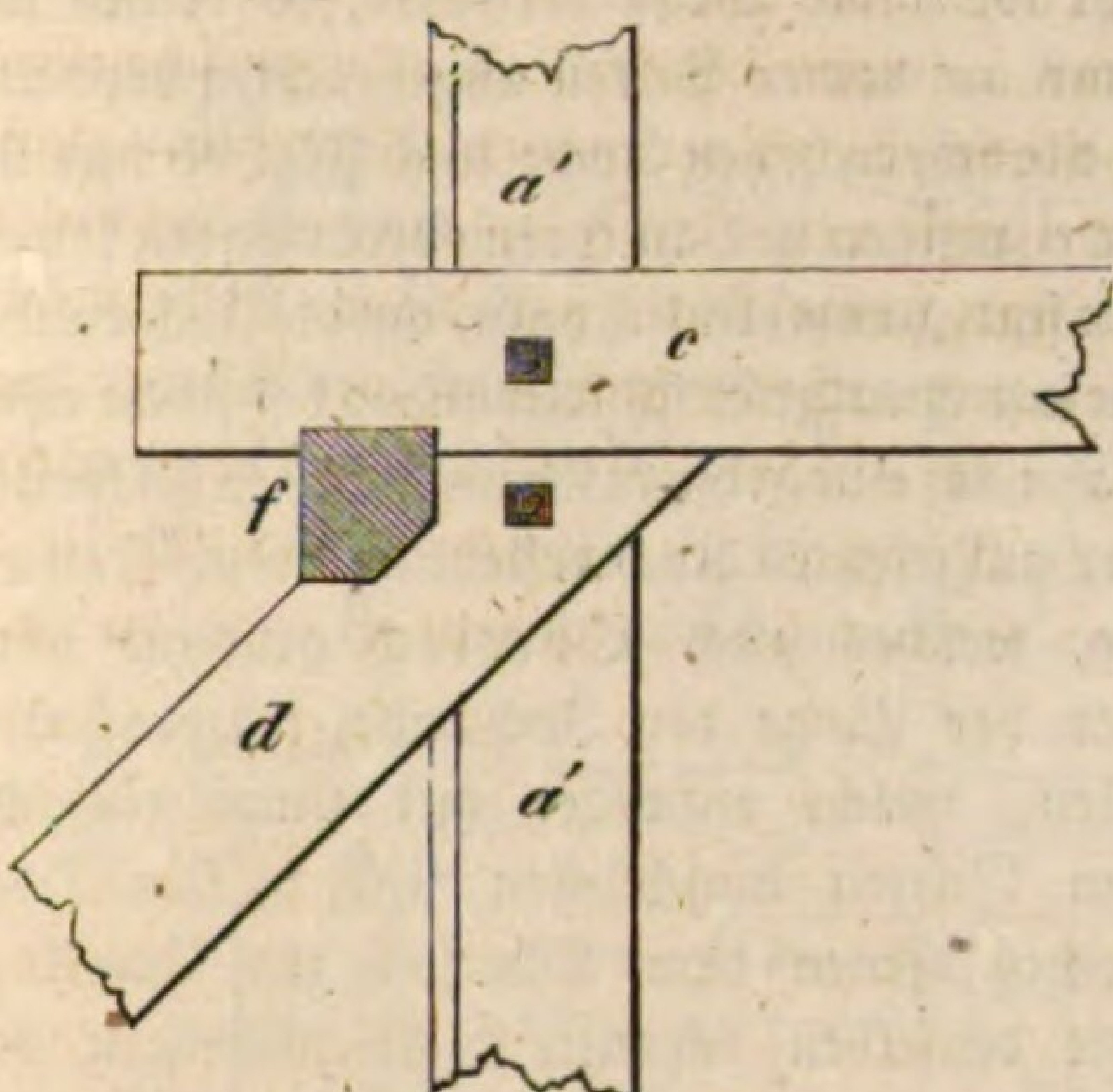
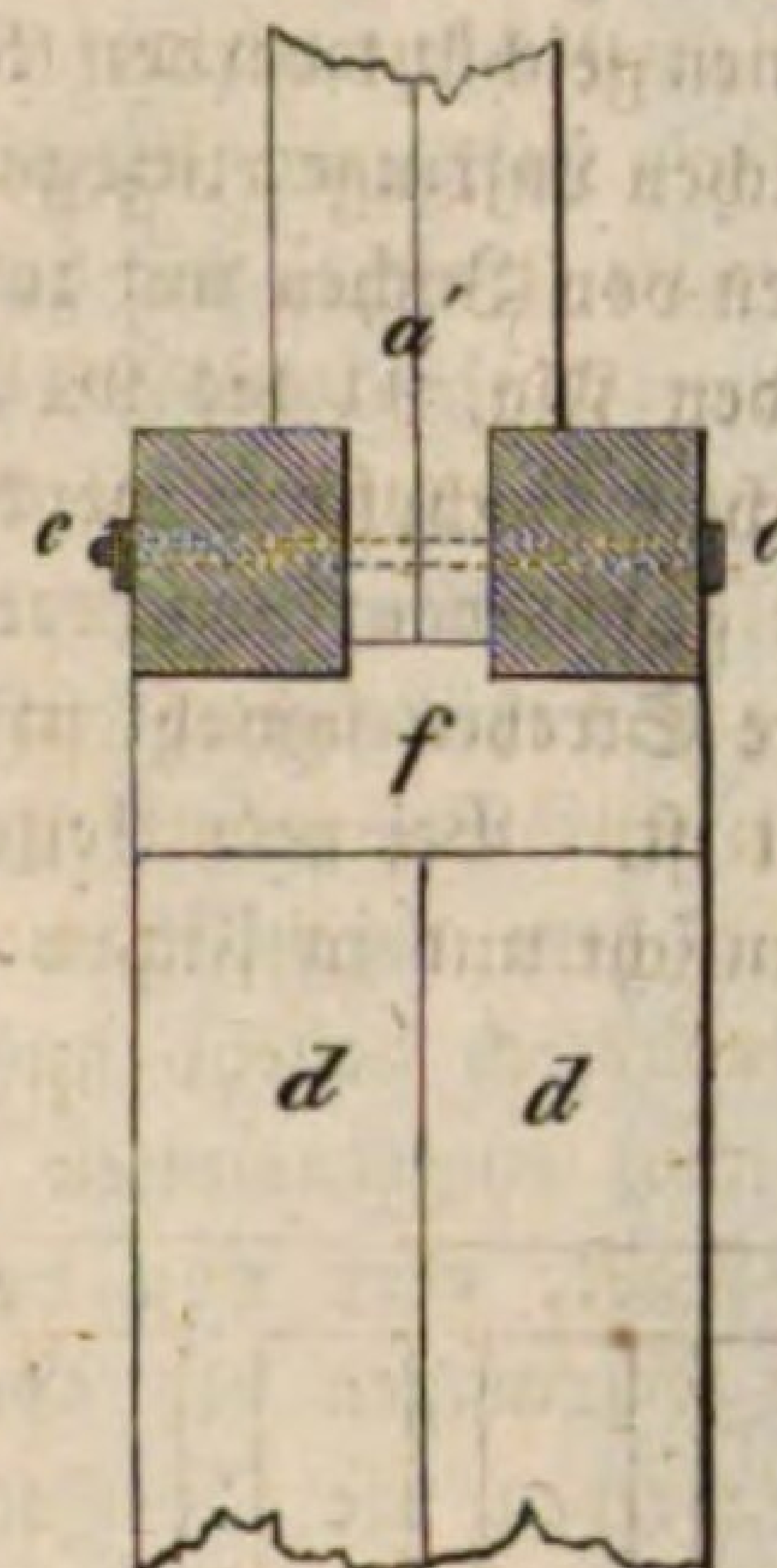


Fig. 94.



abwärts sind auf beiden Seiten die horizontalen Gurten *c* und auf der Höhe des mittleren Wasserstandes die weiteren horizontalen Gurten *d* über die sämmtlichen Pfähle *a* und *a'* geführt und mit diesen verbolzt. Zwischen diesen

Fig. 95.

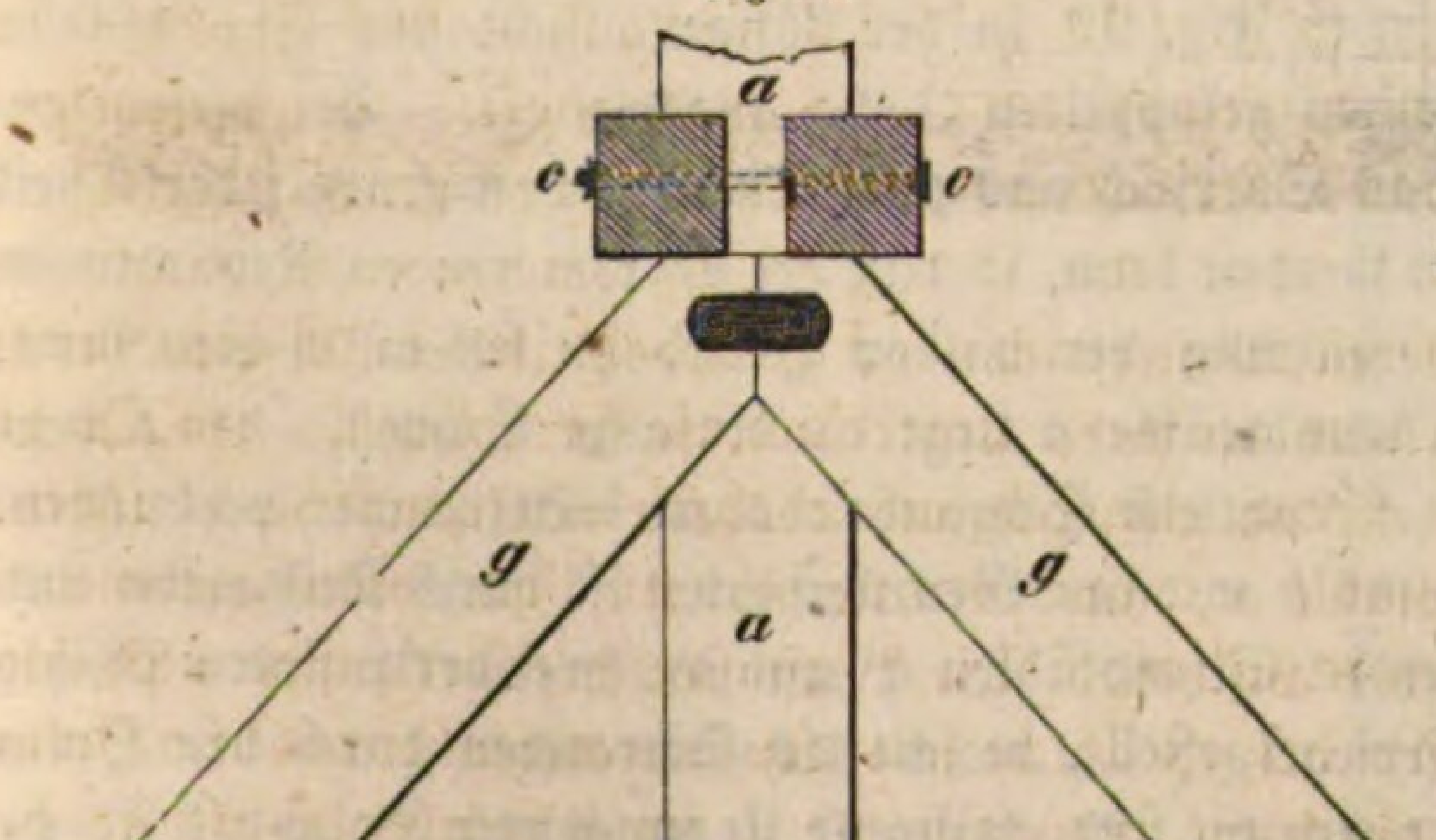
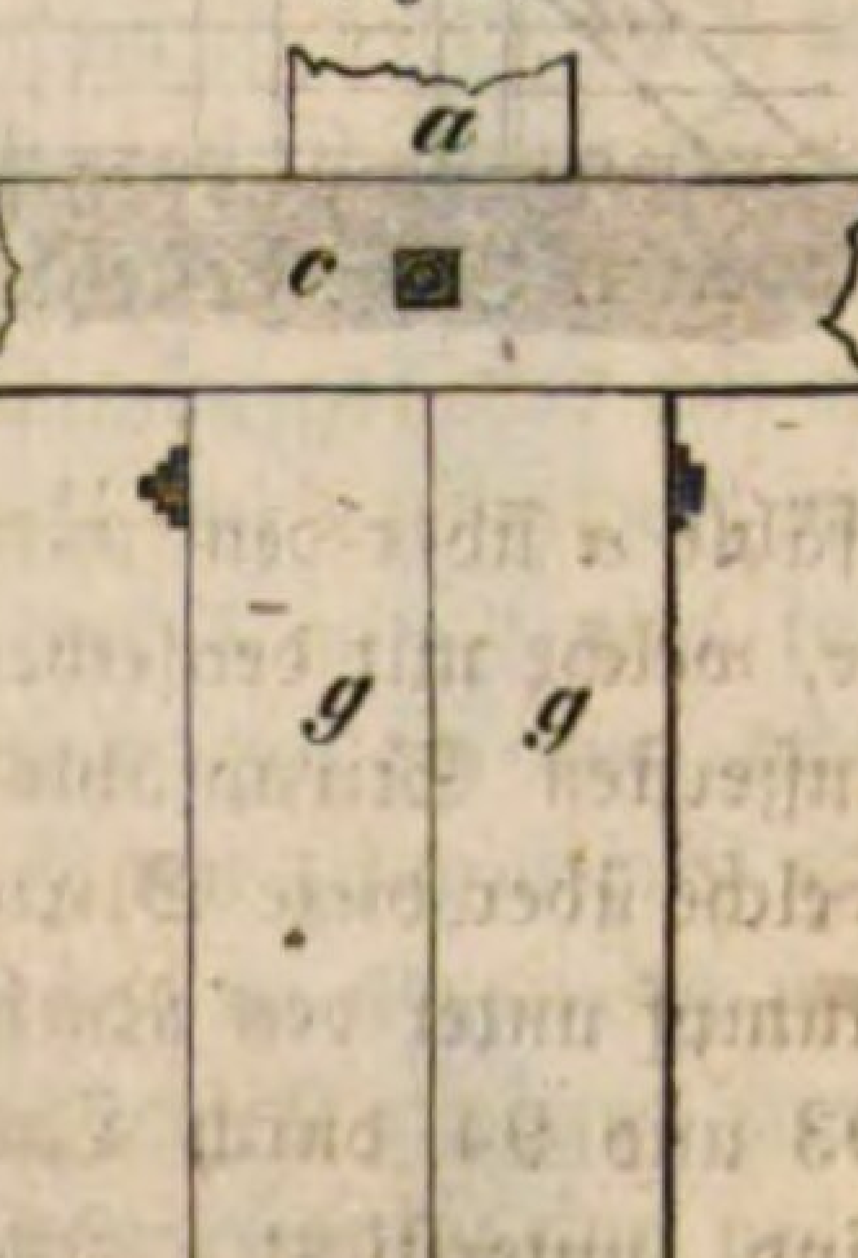


Fig. 96.



Gurten sind auf beiden Seiten die nach entgegengesetzter Richtung geführten Strebegurten *e* angebracht. Außer diesen zur Längenverbindung der Jochwand dienenden Gurten sind an den äußersten Stirnpfählen *a'* die Strebepfähle *f* eingerammt, welche mit ihren Köpfen in der Höhe des höchsten Wasserstandes

stumpf ansitzend, auf einem Absatze der von da an nach unten verstärkten Stirnpfähle *a'* ruhen und durch die darüber verlängerten horizontalen Gurten *d* durch Bolzen mit der Jochwand verbunden sind. Ist durch die an die Stirnpfähle gesetzten Strebepfähle, welche zugleich als Eisbrecher dienen, die Jochwand ihrer Länge nach auf eine sehr wirksame Weise verstärkt, so dienen nun die von dem mittleren Jochpfahle aus auf beiden Seiten angebrachten doppelten Strebepfähle, welche, wie bei dem vorbesprochenen Joche nach Fig. 95 und 96, stumpf unter den horizontalen Gurten *d* ansitzen und an ihren oberen Enden sowohl unter sich als mit dem Pfahle verbolzt sind, hauptsächlich dazu, um die Jochwand in ihrer senkrechten Stellung zu erhalten und etwaige Erschütterungen der Joche in der Richtung der darübergelegten Fahrbahn auf eine größere Grundfläche zu vertheilen.

Ein einfaches gekuppeltes oder aufgesetztes Joch besteht aus dem Grundjoch und dem eigentlichen Joche, welches auch Oberjoch genannt wird. Das Grundjoch besteht aus einer der Länge der Jochwand entsprechenden Anzahl von eingerammten Pfählen, welche entweder mit einem einfachen Holm bedeckt, oder von doppelten Gurten umschlossen sind. Der Holm oder die Gurtungen des Grundjoches dienen dem Oberjoch zur Unterlage, und es werden die Oberjoche mit denselben vermittelst Eisenbändern oder Bolzen verbunden. Die bei den gekuppelten Bohlwerkswänden in Anwendung kommenden Verbindungen der Grundwände mit den Oberwänden sind auch bei den gekuppelten Jochwänden brauchbar, und verweisen wir deshalb auf Fig. 78 bis 83, welche drei verschiedene Arten dieser Verbindungen darstellen. Eine weitere Verbindung des Holms des Grundjoches mit der Schwelle des Oberjoches ist bei dem in Fig. 99 in der Längenansicht und Fig. 100 in der Stirnansicht dargestellten gekuppelten Joche angewendet. Bei diesem gekuppelten Joche besteht das Oberjoch aus zwei Theilen, von denen jeder Theil für sich herausgenommen werden kann, so daß bei vorkommenden Reparaturen eine Jochhälfte zur Unterstützung der halben Fahrbahn stehen bleiben kann. Auf dem Holm *b* der Grundpfähle *a* liegt die einfache Schwelle des Oberjochs, und es sind beide vermittelst Schraubenbolzen miteinander verbunden. Die Befestigung des Holms *b* mit den Grundpfählen ist durch Keilzapfen und noch besonders an den beiden Stirnpfählen *a'* und an drei der inneren Pfähle durch doppelte Eisenbänder hergestellt, welche als Schrauben durch den Holm gehen und mit diesem verschraubt sind, während sie unter dem Holm als Flacheisenbänder an dem Pfahl auf beiden Seiten herabgehen und mit demselben und unter sich eine feste Verbindung durch Schraubenbolzen erhalten. Die Pfähle des aus zwei Theilen bestehenden Oberjoches sitzen auf der gemeinsamen Grundschwelle *c*, welche unter dem niedrigsten Wasserstande liegt. Der Holm *e* des Oberjoches besteht aus zwei Theilen, welche in der Mitte der Jochwand stumpf aneinanderstoßen. Die Ränder der beiden Jochtheile treffen in

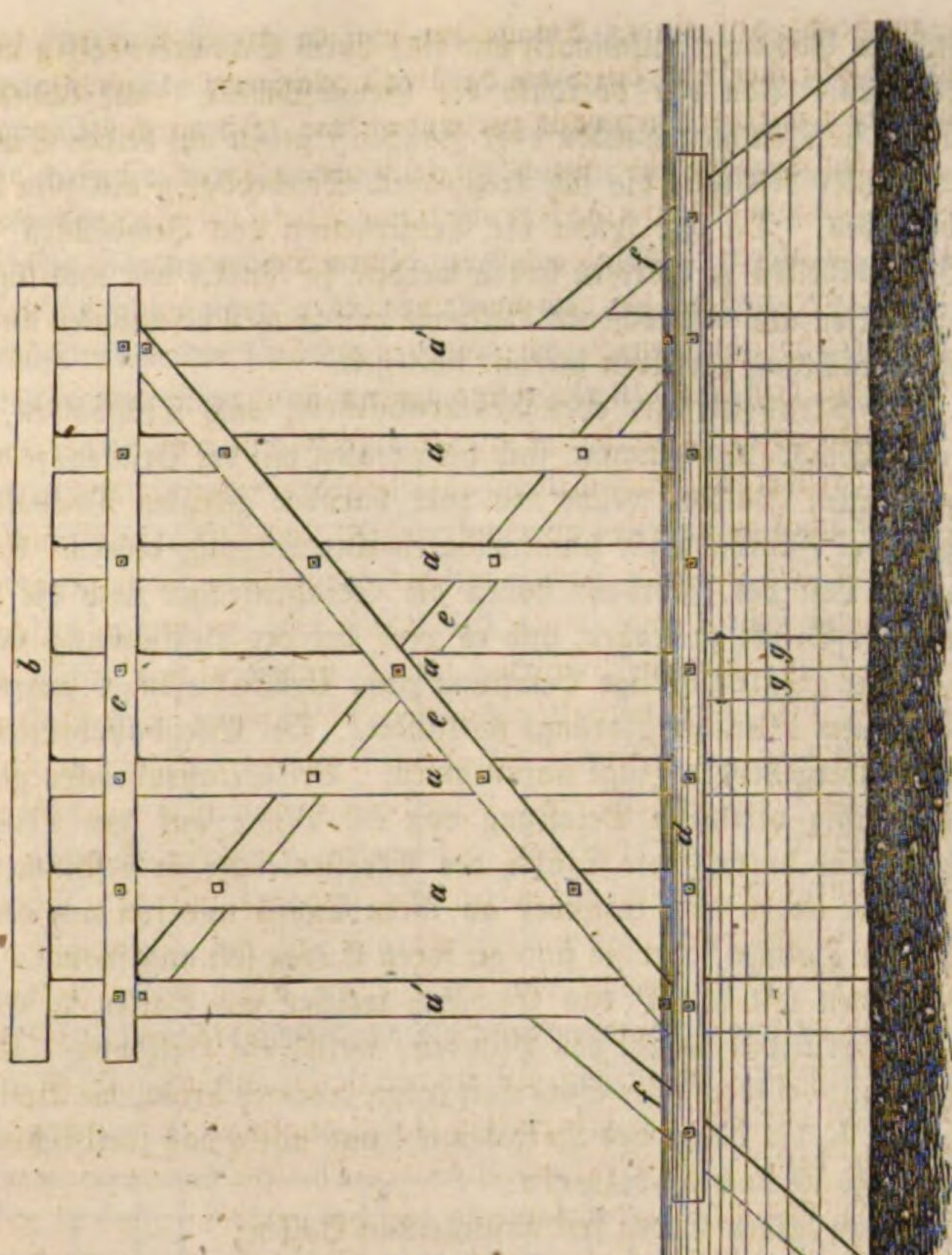


Fig. 98.

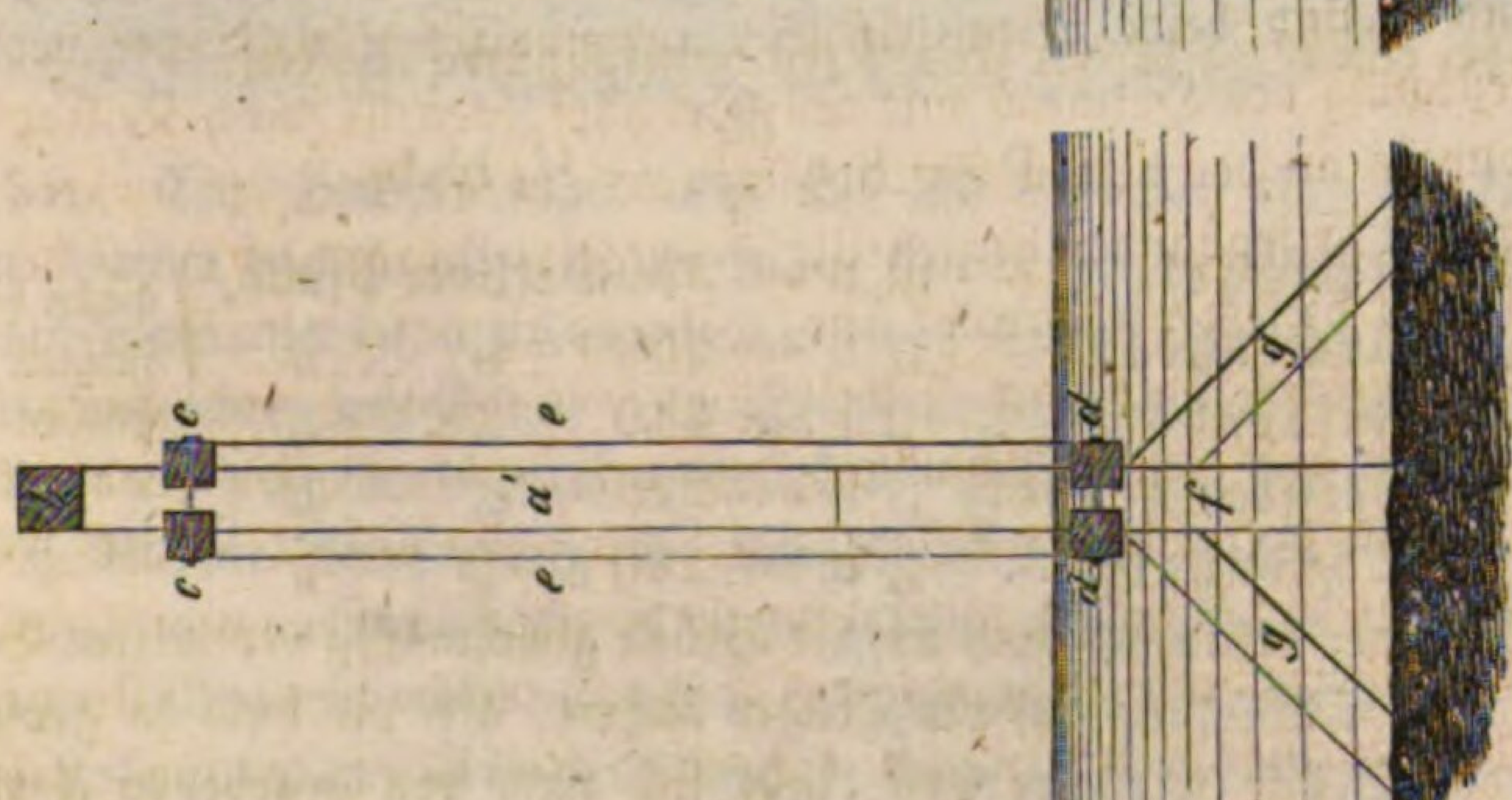


Fig. 97.

der Mitte der Jochwand zusammen und sind durch Schraubenbolzen miteinander verbunden. Von den oberhalb der Grundschwelle *c* auf beiden Seiten angebrachten horizontalen Gurten oder Zangen *f* gehen auf beiden Seiten nach entgegengesetzter Richtung die sich kreuzenden Strebebüge *g* bis zum Holme *e* des Oberjoches. Da wir später die Construction von Jochbrücken in allen ihren Bestandtheilen zu erörtern haben werden, so können wir uns füglich auf die mitgetheilten und besprochenen Beispiele von Jochen beschränken und unsere specielle Betrachtung derselben hiermit schließen.

c. **Die Straßenträger oder Brückenbalken**, auch Tragbalken, Streckbäume oder Ennsbalken genannt, sind die parallel mit der Brückenaxe von Joch zu Joch gelegten Balken, welche den quer darüber gelegten Deckbalken oder Deckbohlen der Fahrbahn zur unmittelbaren Unterstützung dienen. Außer der permanenten Last der Fahrbahn haben die Straßenträger noch die zufällige Belastung der Brücke zu tragen, und es wird bei der Bestimmung von deren Stärke als die größte zufällige Belastung einer Brücke diejenige angenommen, welche bei einem Menschengedränge stattfindet. Bei Eisenbahnbrücken ist die Last der darübergehenden Züge anzunehmen. Bei Straßenbrücken genügt es, eine gleichmäßig vertheilte Belastung von 50 Pfund auf den Quadratfuß anzunehmen und darnach die Stärke der Straßenträger zu bestimmen. Die Straßenträger liegen nun entweder an ihren Enden nur frei auf den Kronschwellen oder Holmen, oder sie sind an ihren Enden fest angespannt.

Bezeichnen wir mit P das Gewicht, welches ein Balken zu tragen im Stande ist, mit n die Anzahl von Pfunden, welche ein Holz von 1 Quadratzoll Querschnitt bei zehnfacher Sicherheit trägt, bevor es bricht, die Breite mit b, die Höhe mit h, die Länge des Holzes mit l und mit q das specifische Gewicht der Holzart, so ist nach Eytelwein:

bei einem an beiden Enden frei aufliegenden Balken:

$$P = 4\,n\,\frac{bh^2}{l} - {}^1/_2\,bhlq$$

und bei einem an beiden Enden fest angespannten Balken:

$$P = 8\,n\,\frac{bh^2}{l} - {}^1/_2\,bhlq.$$

Bei Eichenholz	ist n = 330 Berliner Pfund,	wenn die Abmessungen in preußischen Duodezimalzollen angesetzt werden.
„ Lärchenholz	„ n = 250 „ „	
„ Kiefernholz	„ n = 240 „ „	
„ Weißtannenholz	„ n = 220 „ „	
„ Fichtenholz	„ n = 180 „ „	

Bei einer bekannten und auf die Brücke gleichmäßig vertheilten Belastung, welche dieselbe Wirkung auf die Träger äußert, als die halb so große in der Mitte der Brücke wirkende Last, läßt sich nach den gegebenen Formeln die

Stärke der einzelnen Straßenträger von einer bestimmten Länge zwischen den Unterstützungspunkten berechnen. Der Sicherheit wegen giebt man den Straßenträgern eine Stärke, welche vollkommen ausreicht, die doppelte Belastung zu tragen, so daß sie eine zwanzigfache Sicherheit darbieten und keine Einbiegung erleiden.

Einfache Straßenträger werden auf eine größere Entfernung als 5 bis 6 Mètre nicht frei gelegt. Ist die Jochweite eine größere, so werden die Straßenträger entweder künstlich verstärkt, oder es werden dieselben von den Jochen aus so unterstützt, daß der unterstützte mittlere Theil die nöthige Trag-

Fig. 99.

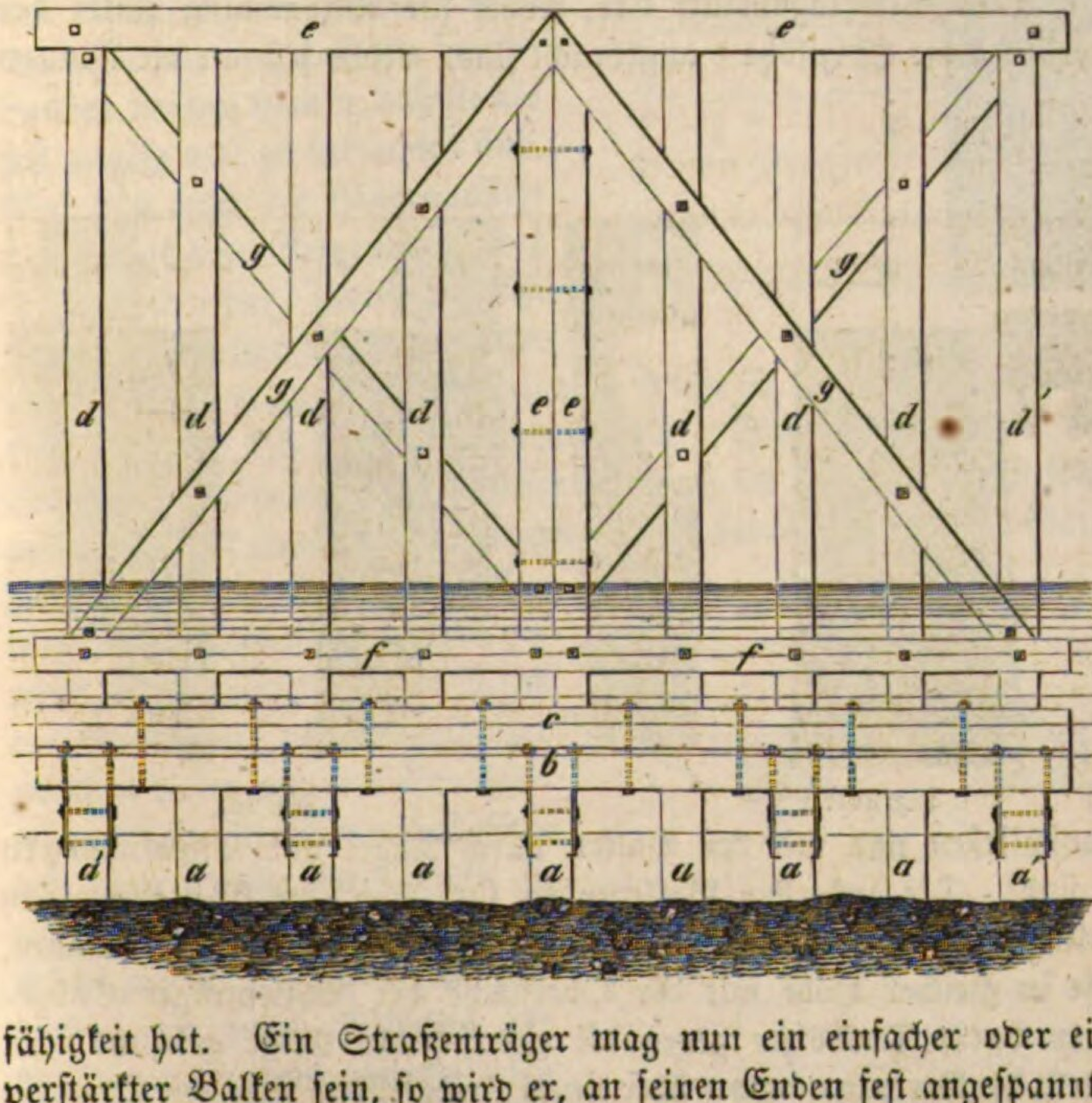
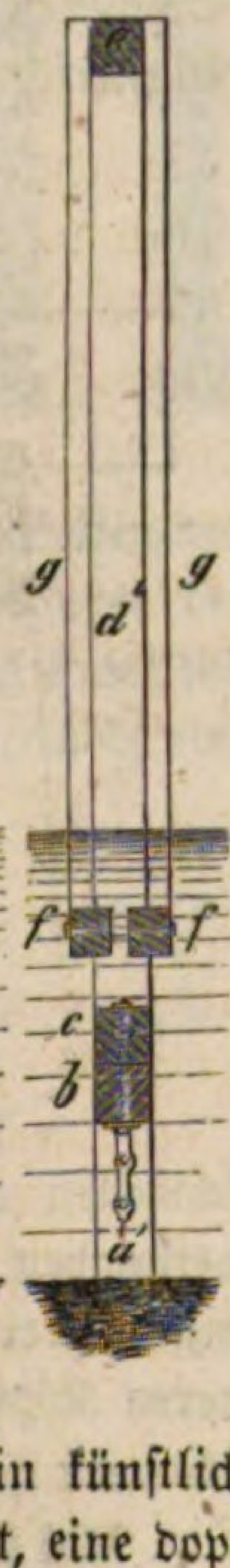


Fig. 100.



fähigkeit hat. Ein Straßenträger mag nun ein einfacher oder ein künstlich verstärkter Balken sein, so wird er, an seinen Enden fest angespannt, eine doppelte Tragfähigkeit haben, als wenn er an seinen Enden nur frei aufliegt. In dem festen Anspannen der Enden aller Straßenträger, sowohl über den Widerlagern, als auch an den vorkommenden Stößen über den Jochen, ist ein so einfaches Mittel zur Vermehrung der Tragfähigkeit den Balkenträgern gegeben, daß es zu den unbegreiflichen Dingen gehört, wenn wir es bei der Construction von Jochbrücken nicht allgemein, ja sogar nur selten angewendet finden.

Das Anspannen der Straßenträger an ihren äußersten Enden kann sehr

einfach durch eine Verbindung derselben mit Ankerpfählen geschehen, welche letztere in einiger Entfernung hinter den Stirnjochen oder Widerlagern eingerammt werden. Statt vieler Beispiele geben wir in Fig. 101, welche die Längenansicht des Balkenendes von Straßenträgern, und in Fig. 102, welche den Querschnitt der Straßenträger nach der Linie *xy* in Fig. 101 darstellt, eine Verbindung der Straßenträger *a* hinter ihrer Auflage auf dem Holm *b* des Stirnjoches derart, daß jedes Balkenende durch beiderseits angebrachte Eisenbänder mit einer Schwelle *c* verbolzt ist. Diese Schwelle *c* liegt hinter Ankerpfählen *d*, an denen auf der Rückseite Knaggen *e* angenagelt sind, auf denen die Schwelle *c* ruht. Fig. 103 stellt die Auflage der Balkenenden *a* auf den Schwellen *b* einer Widerlagsmauer dar, wobei zur Anspannung hinter den Mauerschwellen *b* die Holzklötze *c* angebracht sind, welche fest an die Mauer-

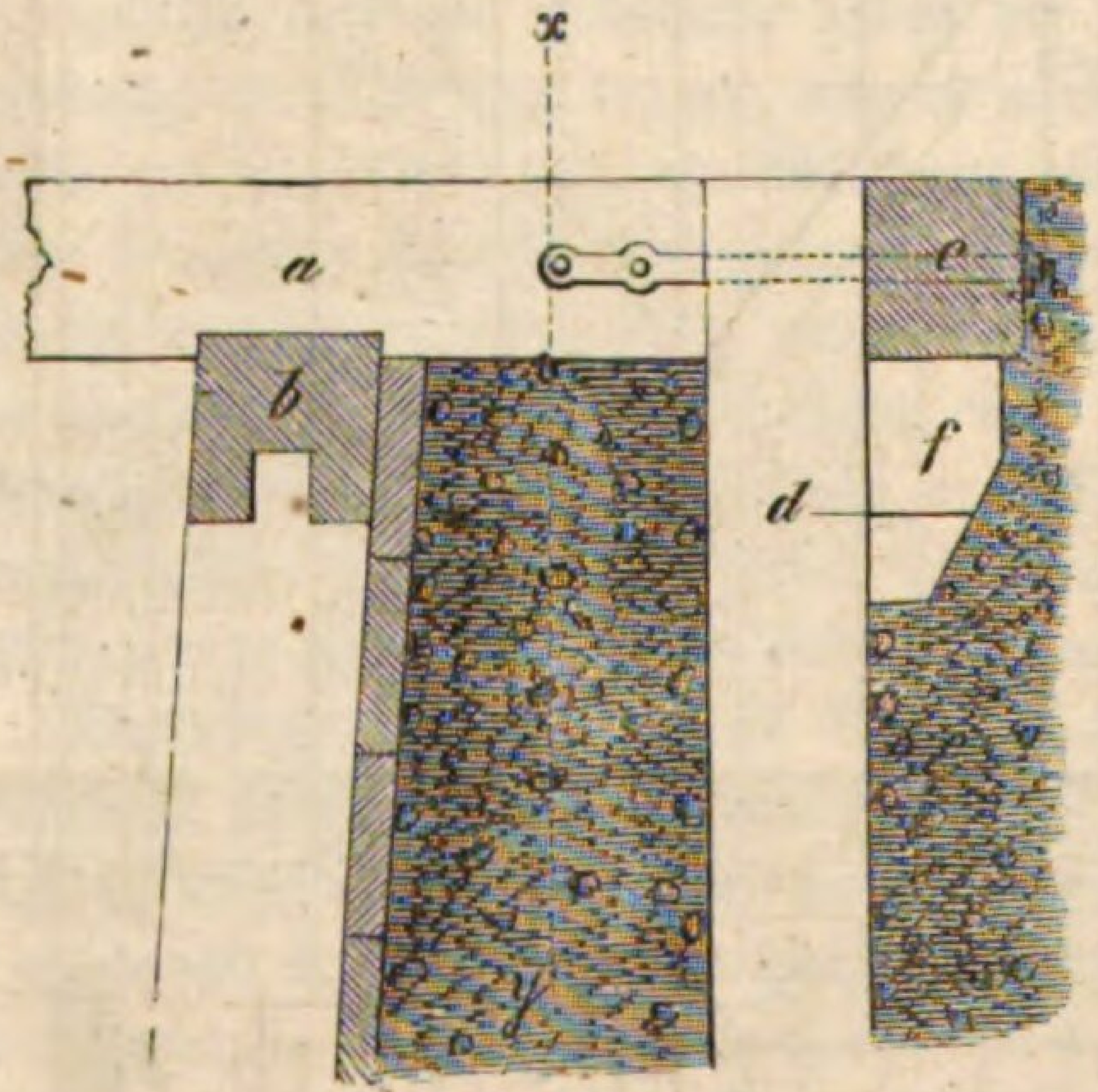


Fig. 101.

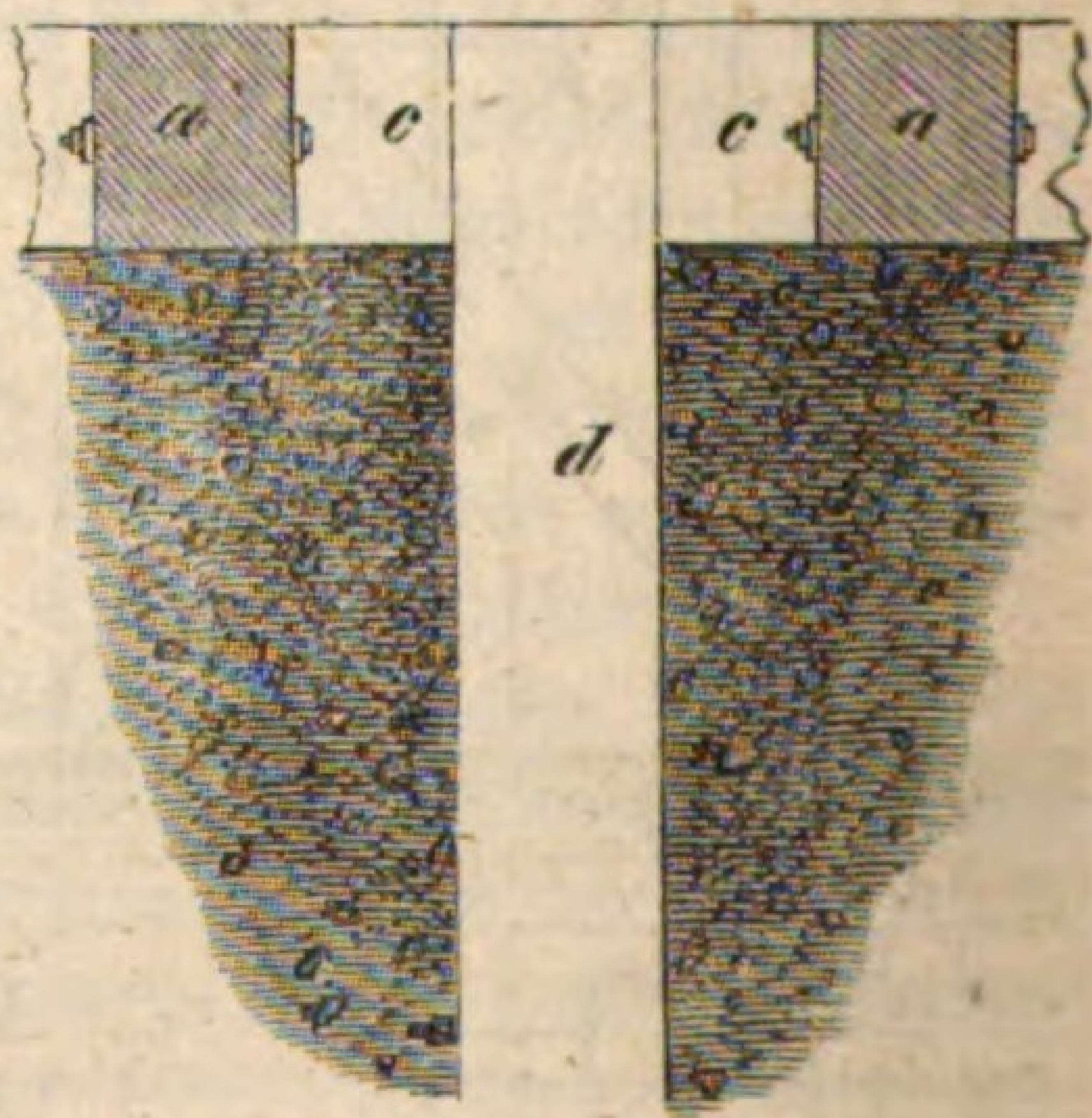


Fig. 102.

schwellen anschließen und mit den Balken durch Nägel und Eisenklammern verbunden sind. Die äußersten Balkenenden sind über die Mauerschwellen hinaus verlängert und sind durch Eisenbänder mit Ankerpfählen *d* verbunden, deren Köpfe in gleicher Höhe mit der Oberfläche der Balkenträger *a* abgeschnitten und durch Deckhölzer gegen die eindringende Nässe geschützt sind. Fig. 104 stellt die Verspannung der über einem Jochpfeiler gestoßenen Straßenträger dar, wobei sowohl hinter als vor den Mauerschwellen *b* Holzklötze, welche fest an dieselben schließen, angebracht und außerdem die beiden Enden der Balkenträger *a* durch übergelegte Eisenbänder untereinander verbolzt sind. Es ist hierbei, wie auch bei der in Fig. 103 dargestellten Verspannung, vorausgesetzt, daß die Mauerschwellen durch Querzangen so untereinander verbunden sind, daß die Schwellen weder umkanten noch von ihrer Unterlage abweichen können.

Wird durch das feste Anspannen der Straßenträger an ihren Enden der Vortheil erlangt, daß denselben das Doppelte der Belastung zugemuthet werden kann, welche sie zu tragen im Stande sind, wenn sie an ihren Enden nur frei aufliegen, so bietet die Unterstützung der Balkenenden durch untergelegte Sattelhölzer oder Schirrbalken ein weiteres Mittel dar zur Vermehrung der Tragfähigkeit der Straßenträger, indem dadurch die Weite, auf welche sie sich frei zu tragen haben, auf ein geringeres Maaß eingeschränkt werden kann, und zugleich die auf den Sattelhölzern ruhenden Balkenenden mit den ersteren so verbunden werden können, daß sie als fest angespannt zu betrachten sind. Fig. 105 stellt die Längenansicht der einfachsten Anwendung der Schirrbalken dar, indem auf den Holm *b* der Jochpfähle *a* unter jeden Straßenträger *d* ein Sattelholz *c* gelegt ist, welches auf beiden Seiten des Holmes 1 bis 1,5 Mètre Ausladung hat. Werden die Enden der über der Jochwand gestoßenen Straßenträger *d* durch ein Hakenblatt mit Keil unter sich und vermittelst eines darüber gelegten Eisenbandes auch mit dem Sattelholz verbunden, so wird eine weitere Anspannung derselben noch dadurch bewirkt, daß beiderseits in der Mitte der Ausladung der Sattelhölzer zwischen diesen und den Straßenträgern doppelte Keile von Eichenholz, zur Hälfte ihrer Höhe in beide Hölzer eingreifend, angebracht werden, durch deren Eintreiben ein fester Anschluß der Balkenenden auf den untergelegten Sattelhölzern bewirkt wird. Da die Sattelhölzer, welche eine gleiche Stärke wie die Straßenträger erhalten, sich bei ihrer geringen Ausladung nicht einbiegen, so kann ein Niederdrücken derselben auf der einen Seite nicht stattfinden, ohne daß ein Aufbiegen an der anderen Seite bewirkt wird. Wirkt schon die Verbindung der Sattelhölzer mit den Enden der nach entgegengesetzter Richtung belasteten Straßenträger dieser Bewegung entgegen, so kann diese

Fig. 103.

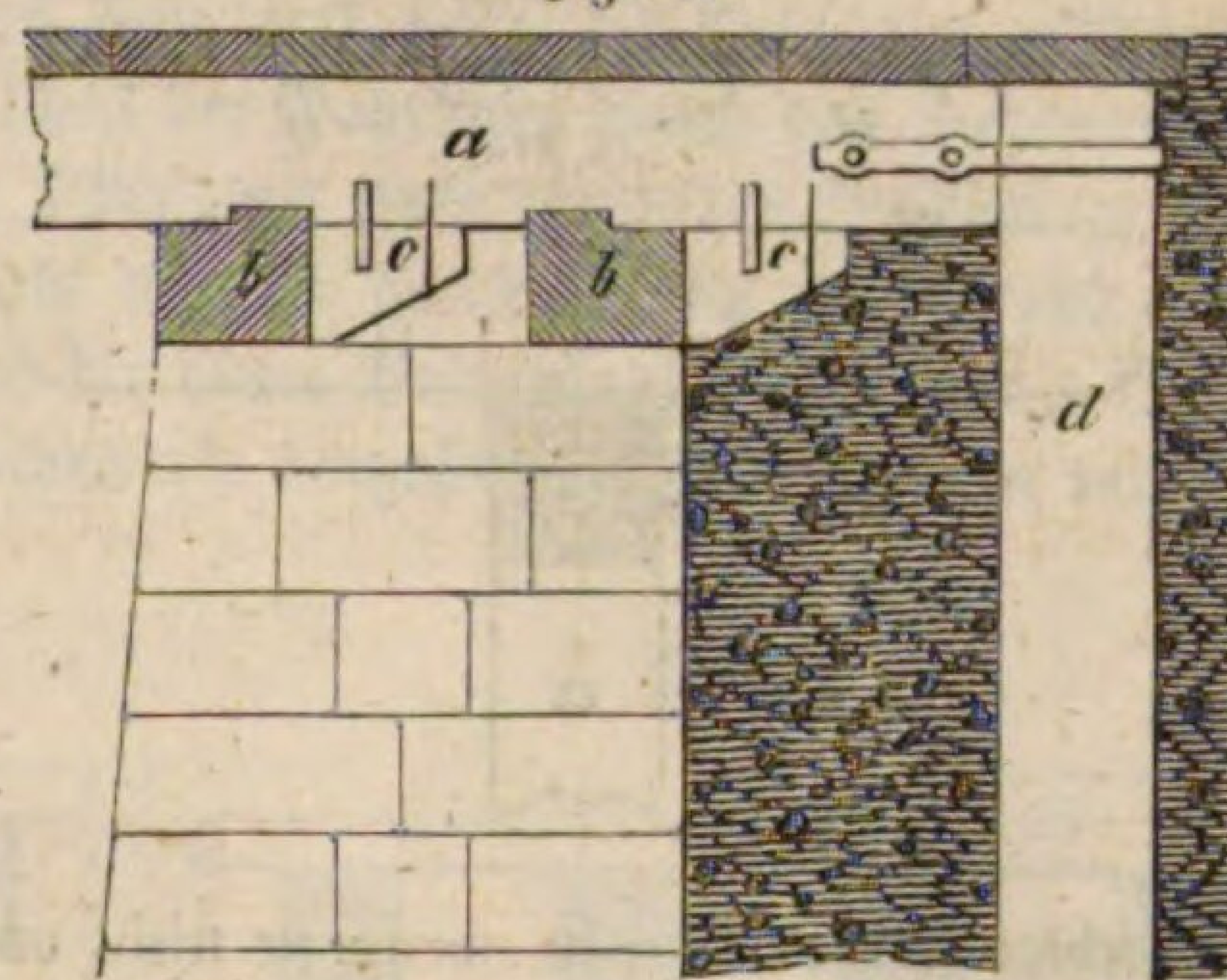
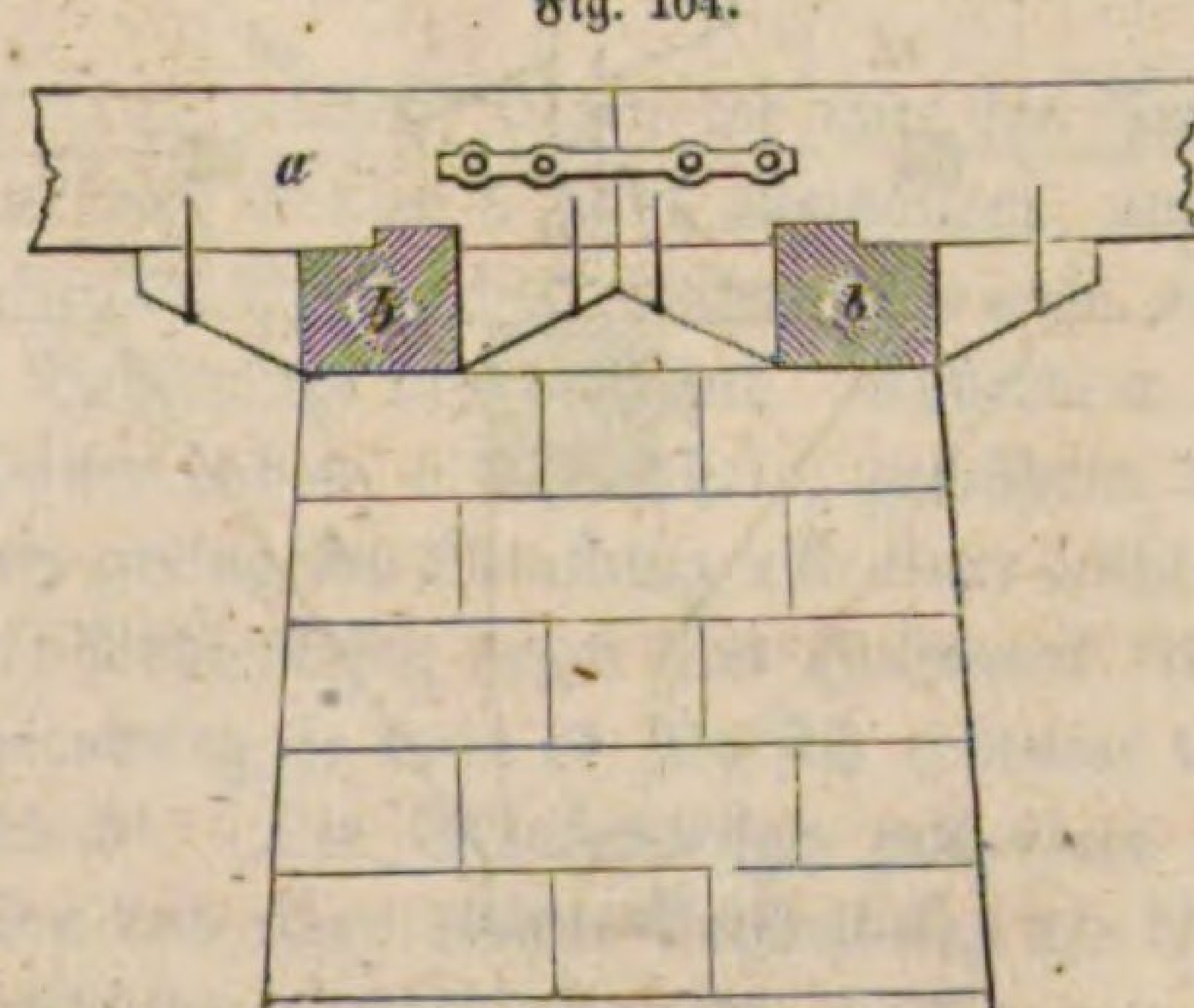
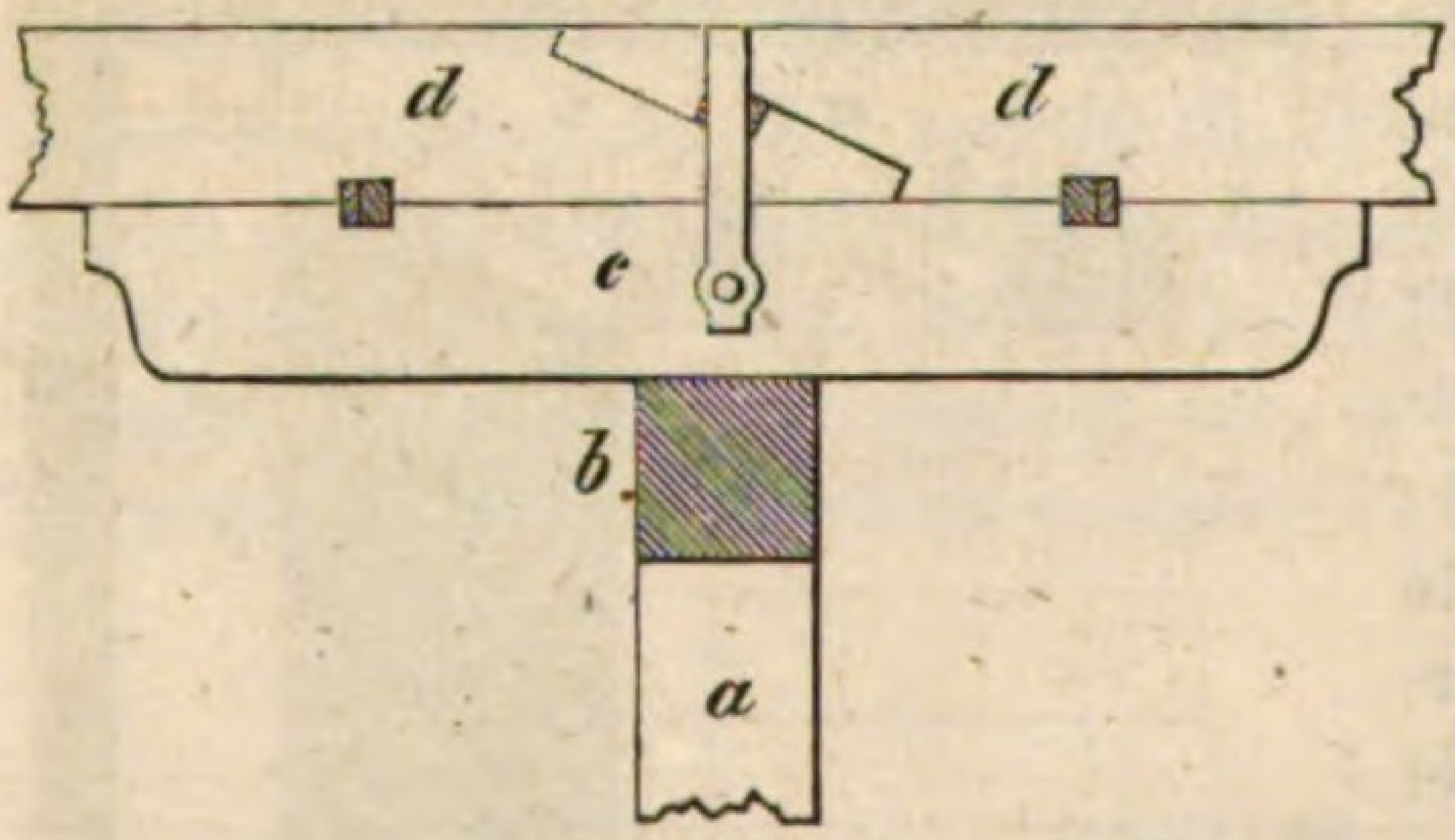


Fig. 104.



Bewegung dadurch vollständig unmöglich gemacht werden, daß man nach Fig. 106 von den Jochpfählen *a* aus auf beiden Seiten Strebebüge *e* unter die Sattelhölzer setzt. In der Anwendung dieser Strebebüge liegt zugleich das Mittel, die Ausladung der Sattelhölzer zu vermehren und dadurch die Spannweite der Balken zwischen ihren Stützpunkten zu vermindern.

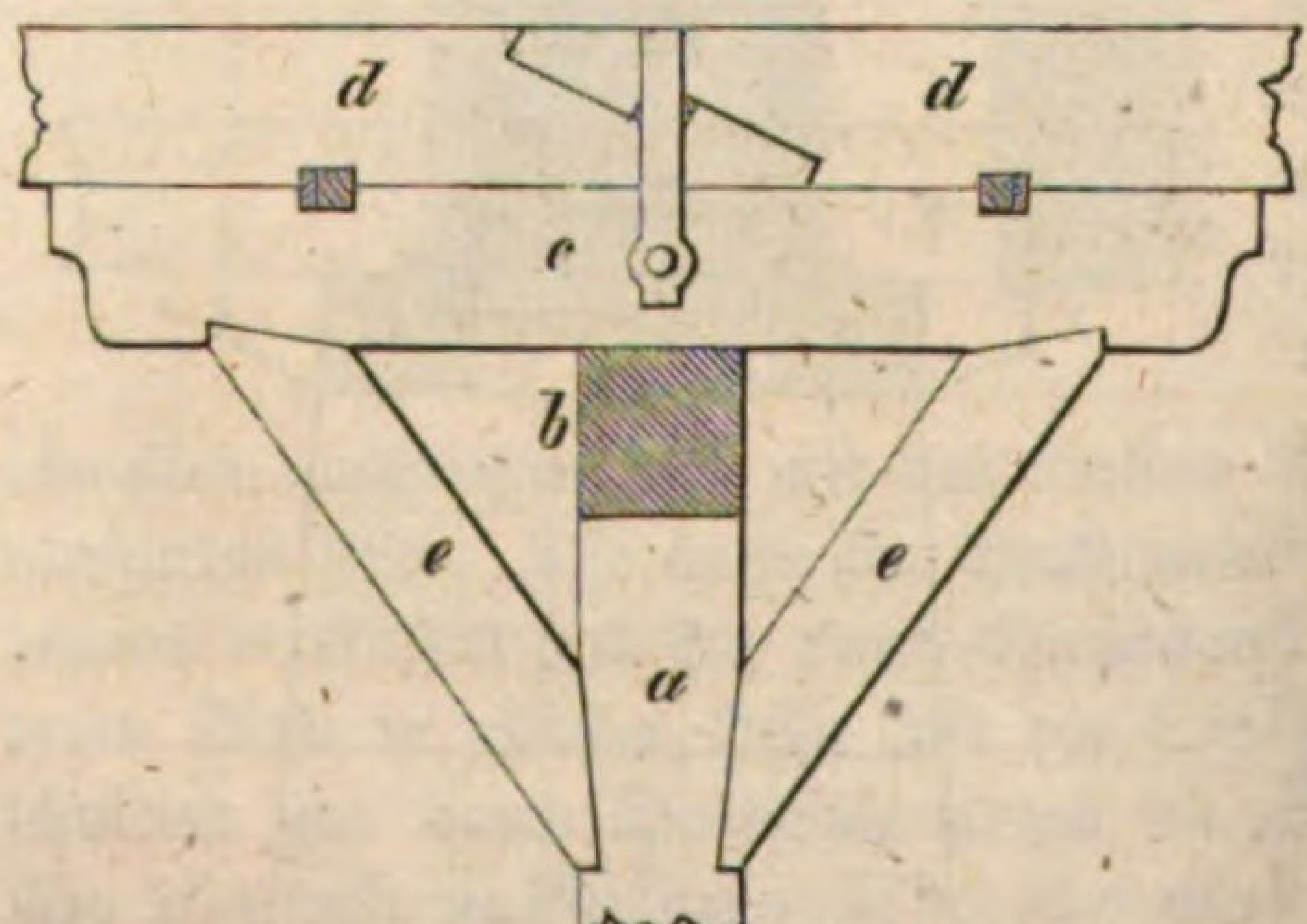
Fig. 105.



Da, wie bereits erwähnt, die Wirksamkeit der Sattelhölzer hauptsächlich darauf beruht, daß sie sich auf der einen Seite nicht niederbiegen können, ohne daß sie sich auf der anderen Seite heben, so geht daraus hervor, daß sie, an den Stirnjochen angebracht, nicht als ein Unterstützungsmittel der äußersten Enden der Straßenträger betrachtet werden können, wenn sie nicht von den Stirnjochen oder Widerlagsmauern aus Strebebüge erhalten, oder sammt den über die Widerlager hinaus verlängerten Straßenträgern an Ankerpfähle befestigt werden.

Was die künstliche Verstärkung der Straßenträger betrifft, welche in den Fällen in Anwendung gebracht wird, wo bei bedeutender Jochweite die Straßenträger von der erforderlichen Stärke und Länge aus einem einzigen Baustamme nicht hergestellt werden können, so sucht man zwei oder mehrere Balken so miteinander zu verbinden, daß ein aus mehreren Theilen zusammengesetzter Balken bezüglich seiner Tragfähigkeit so betrachtet werden kann, als bestände er aus einem einzigen Balken von der Beschaffenheit eines aus einem einzigen Baumstamme gezimmerten Balkens der betreffenden Holzart, und von gleichen Abmessungen.

Fig. 106.



Wir setzen die Verstärkung horizontaler Hölzer als bekannt voraus, und verweisen auf die betreffende Besprechung im vierten Abschnitte der „Schule des Zimmermanns" I. Theil.

d. **Die Fahrbahn oder Brückendecke** muß einen hohen Grad von

Festigkeit haben und möglichst dauerhaft sein. Gewöhnlich besteht die Brückendecke aus einer einfachen, quer über die Straßenträger angebrachten Lage von Halbholz, nach Fig. 107 in der Längenansicht und Fig. 108 in der Stirnansicht der Deckhölzer. Die mit der Kernschnittfläche auf die Straßenträger *a* gelegten Halbhölzer werden bei frequenten Straßen durch das Fuhrwerk bald abgenutzt und geben eine holperige Bahn. Man wendet deshalb, zur Erhaltung einer ebenen Fahrbahn für das Fuhrwerk, besser ein Beleg von geschnittenen Bohlen an. Da der mittlere Theil der Fahrbahn durch das Fuhrwerk am meisten Noth leidet, so wird dieser Theil mit einer doppelten Bohlenlage versehen. Die untere Bohlenlage geht auf die ganze Breite der Brücke über sämmtliche Träger hinweg, während die obere Bohlenlage nur diejenige Breite erhält, welche als Bahn für die Fuhrwerke vorgeschrieben ist, und in der Regel 4,2 bis 4,5 Mètre beträgt.

Fig. 107.

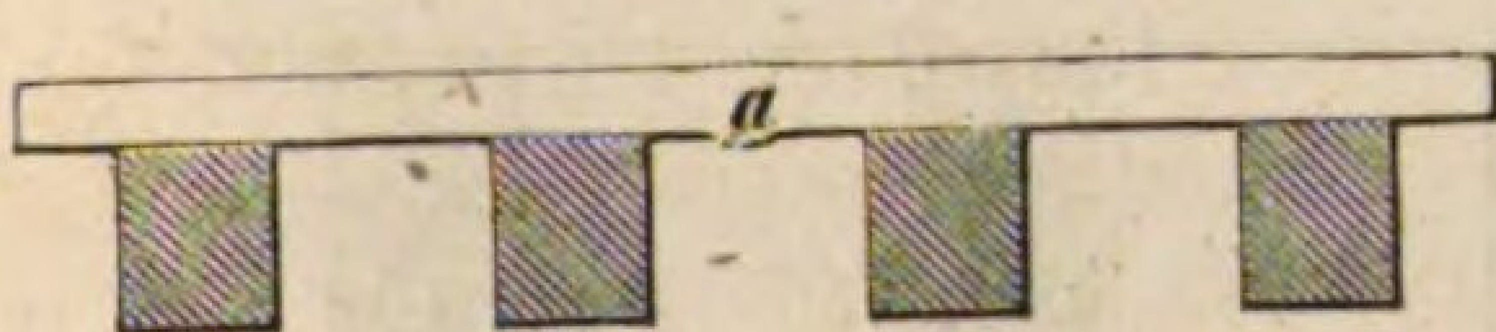


Fig. 109.

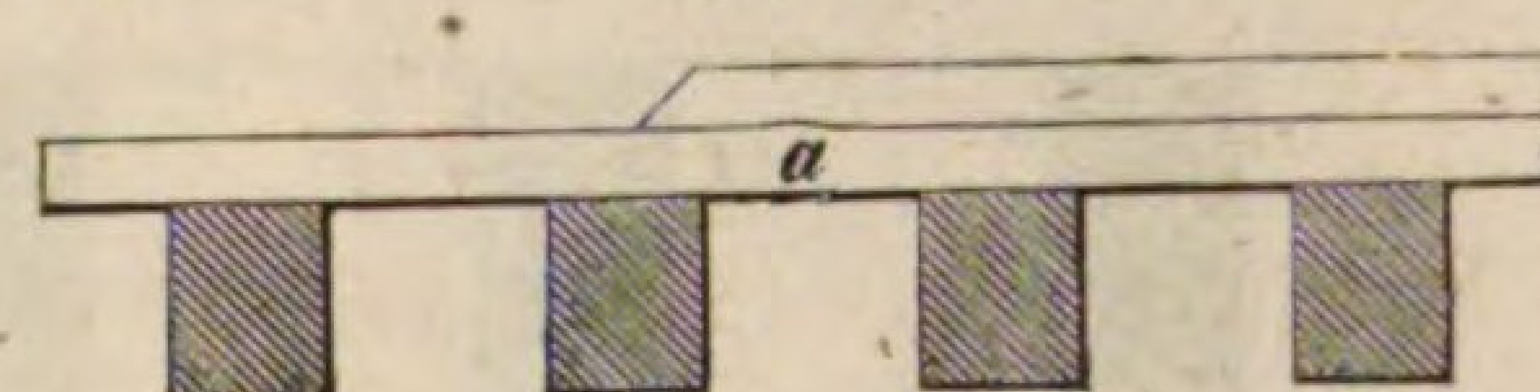


Fig. 108.

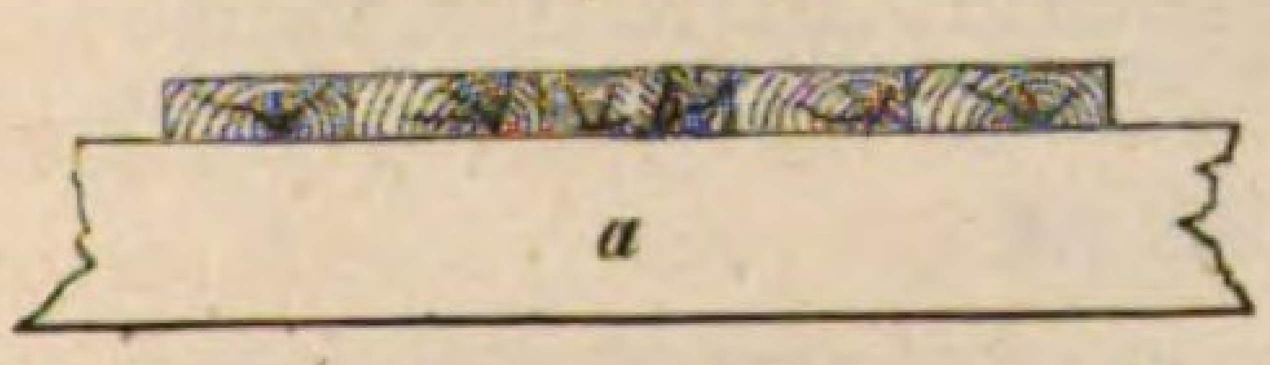
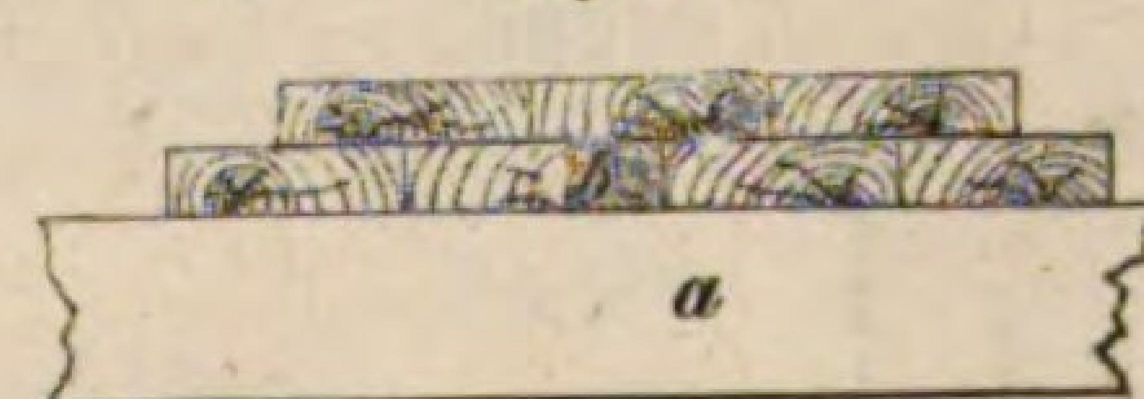


Fig. 110.



Wie aus den Fig. 109 und 110 zu ersehen, liegen die über die sämmtlichen Straßenträger *a* gelegten unteren Bohlen *b* dicht aneinander, und es sind die ebenfalls dicht aneinandergelegten Bohlen der zweiten Lage *c* so angeordnet, daß die Fugen der unteren Bohlenlage überdeckt sind. Außerdem, daß geschnittene Bohlen eine längere Dauer haben, als Halbholz, gewähren diese Bohlenbelege noch den Vortheil einer geringeren Belastung und einer leichteren Reparatur. Da nämlich das obere Bohlenbeleg durch das Fuhrwerk früher abgenützt wird als das untere Bohlenbeleg, so kann es für sich erneuert werden, während das untere bestehen bleibt. Die Straßenträger mit einer einfachen Bohlenüberdeckung zu versehen und über diesem Bohlenbeleg die Bahn für das Fuhrwerk mit Kies zu überschütten oder zu pflastern, müssen wir, da hierdurch eine bedeutende Belastung der Brücke veranlaßt, und zugleich deren Dauer durch das Zurückhalten der dem Bohlenbeleg und den Straßenträgern sich mittheilenden Feuchtigkeit erheblich beeinträchtigt wird, als unzweckmäßig im Allgemeinen, und insbesondere für Brücken ohne Bedachung als unzulässig bezeichnen. Da gleichwohl das Bekiesen oder Pflastern der Fahrbahnen hölzerner

Brücken noch von manchen Seiten empfohlen wird, so geben wir in Fig. 111 im Querschnitte die Anordnung einer mit Kiesdecke versehenen Fahrbahn für das Fuhrwerk, mit erhöhten Fußwegen, aus einem Bohlenbeleg bestehend, und in Fig. 112 die Anordnung der Pflasterung einer Brückenfahrbahn ohne besondere Fußwege. Zur Ableitung des Wassers von der Oberfläche der gewölbten Kiesdecke Fig. 111 sowohl, als auch der gewölbten Pflasterung, sind die Bahnen auf beiden Seiten durch Rinnsteine abgeschlossen. Bei überdachten Brücken kann eine Holzpflasterung, welche eine elastische Bahn darbietet, entschiedene Vortheile gegen Bohlenbelege ergeben. Das Holzpflaster besteht

Fig. 111.

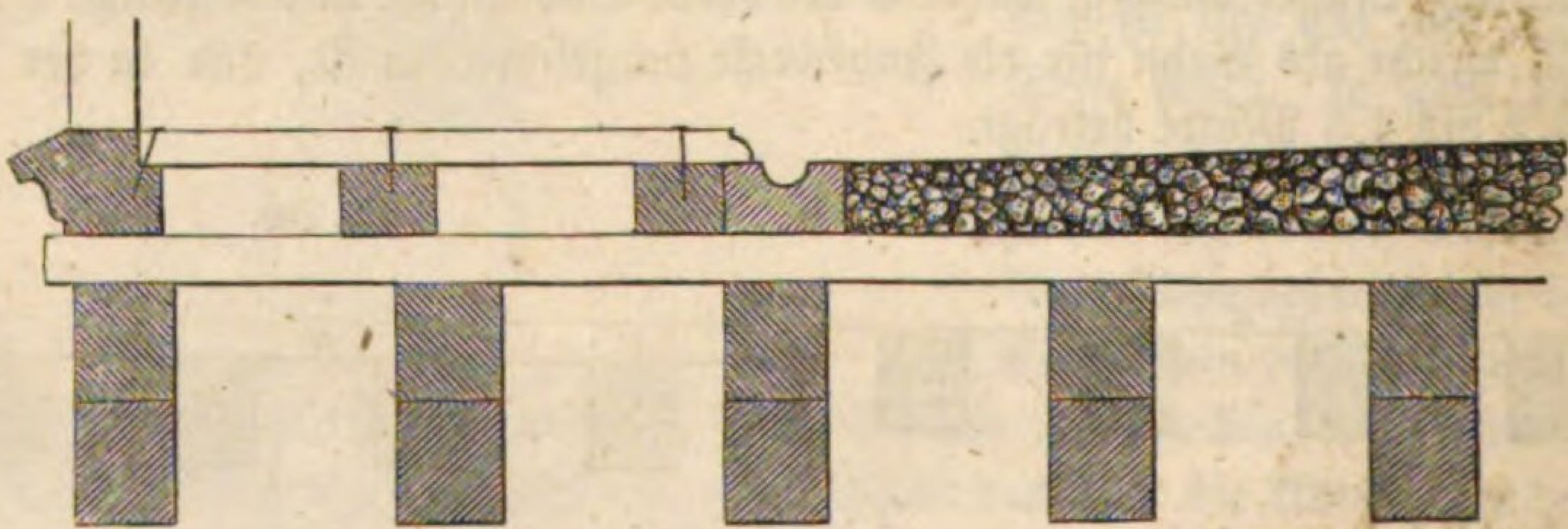
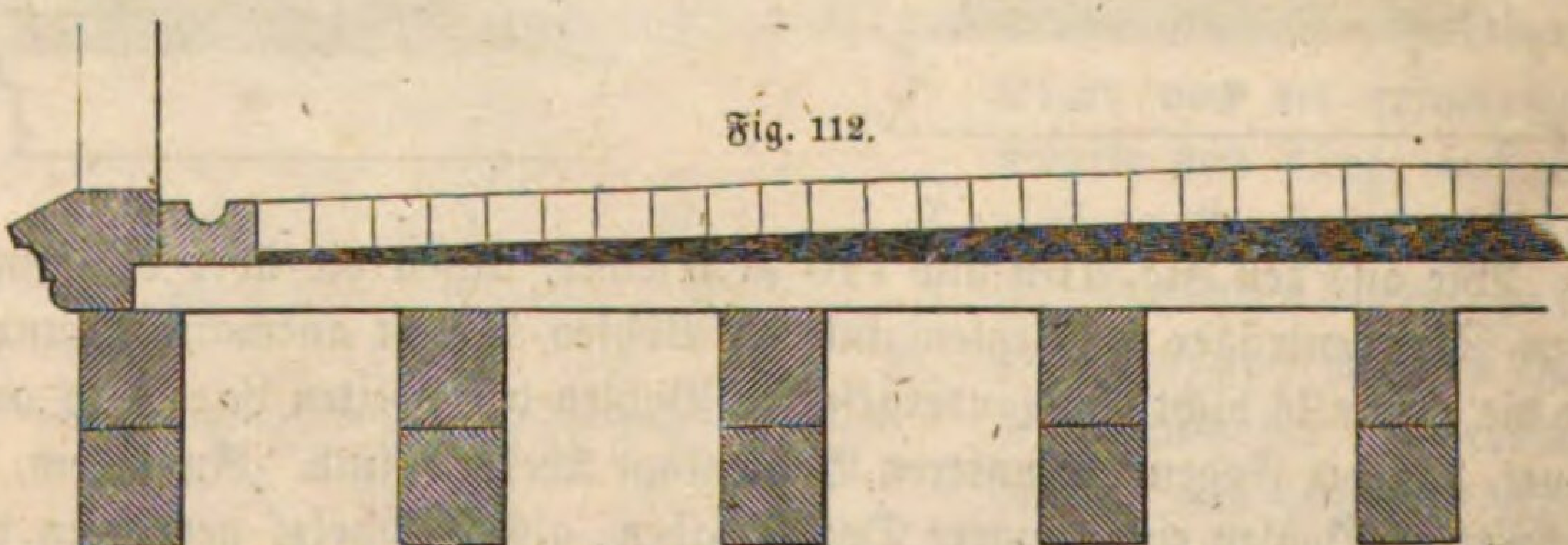


Fig. 112.



entweder aus einfachen Holzwürfeln, welche ohne alle weitere Verbindung auf die Hirnfläche hart aneinander, und, wie bei dem Steinpflaster, schichtenweise und die Stoßfugen überbindend gestellt werden, oder es werden die Holzwürfel, oder die in der Form eines regelmäßigen Sechseckes bearbeiteten Holzklötze, durch Dübel untereinander verbunden. Die Holzpflasternng wird nicht unmittelbar auf die Bohlenunterlage gesetzt, sondern erhält eine Sandschicht von einigen Zollen als Unterfütterung.

Die vorbeschriebenen Eindeckungen haben nur auf Straßenbrücken Bezug. Bei Eisenbahnbrücken beschränkt sich die Eindeckung allein auf eine leichte Ueberdeckung der Felder zwischen den Bahnsträngen und den Brückenträgern.

Ein einfacher Beleg aus eichenen Bohlen mit ausgeschnittenen Fugen genügt hier vollständig. Bei großen Brückenconstructionen deckt man zur Verhütung von Feuersgefahr die einfachen Bohlenbelege mit einer Kiesdecke.

e. **Die Geländer und Gurten**, erstere zum Schutze gegen das Herabfallen und letztere mehr zur Verschönerung des Brückenbaues dienend, müssen in ihrer Zusammensetzung und Form der Größe und Construction der Brücke entsprechend und möglichst einfach sein. Wir beschränken uns darauf, in den Fig. 113 bis 120 vier verschiedene Constructionen hölzerner Brückengeländer mitzutheilen. Die Höhe der Geländer steht mit der Größe eines Brückenbaues in

Fig. 113.

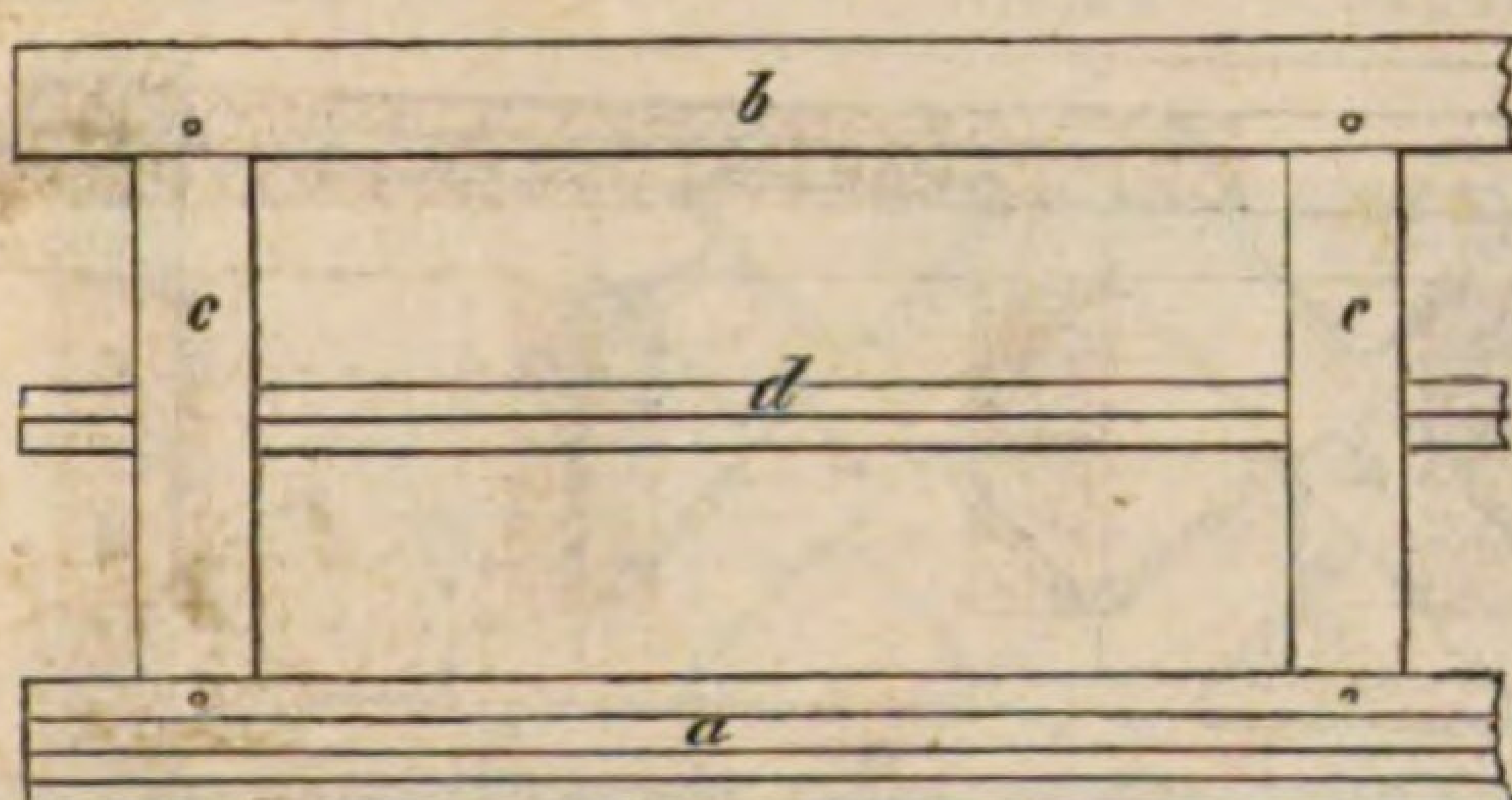


Fig. 114.



Fig. 115.

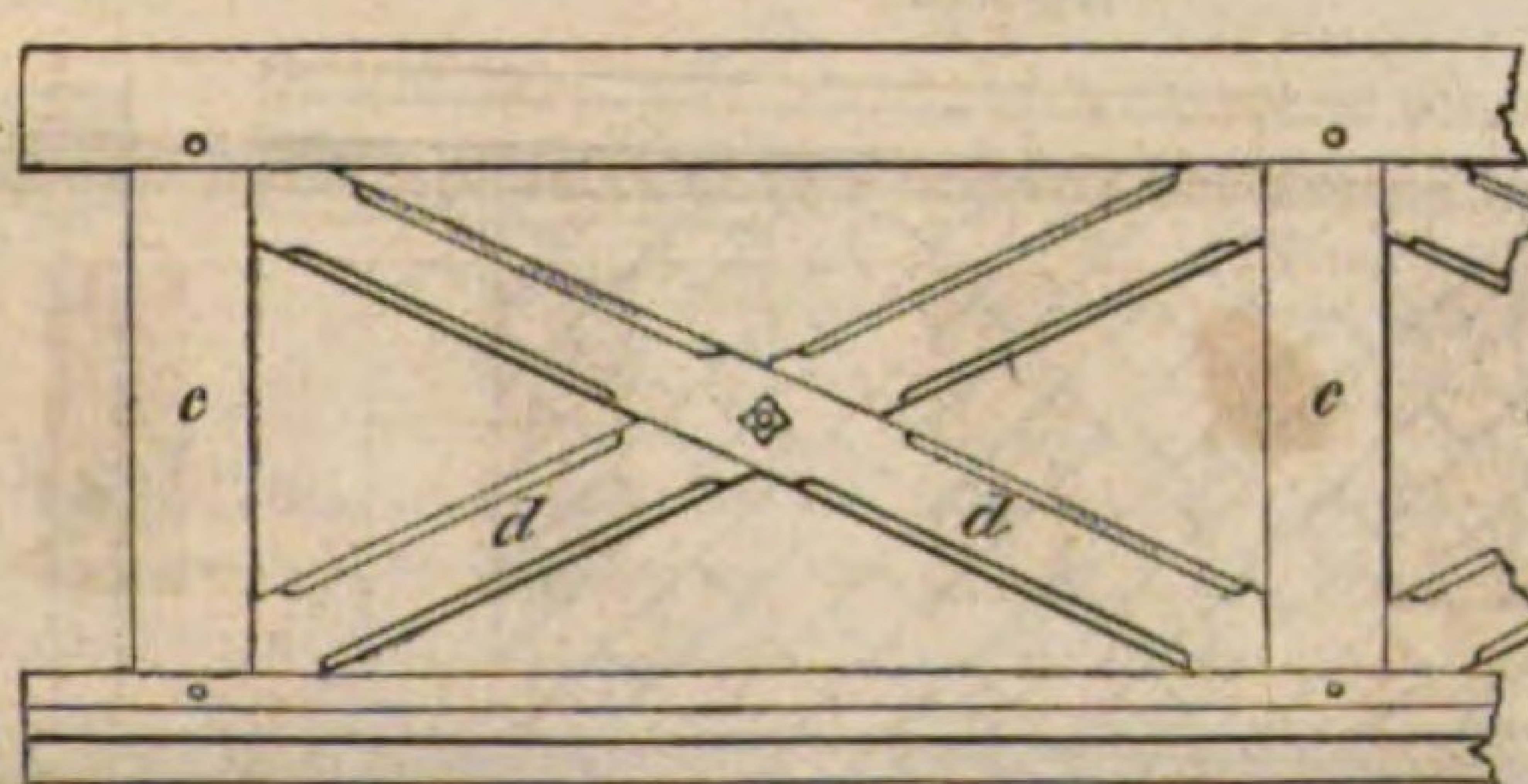
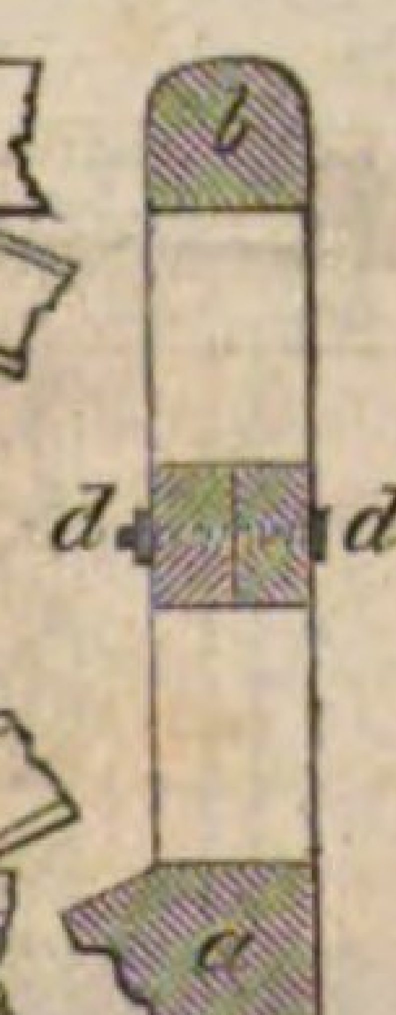


Fig. 116



keinem Zusammenhange und wird nur, je nach der Höhe des Brückenbaues verschieden, zwischen 0,9 bis 1,2 Mètre angenommen.

Bei einfachen Balkenbrücken von geringer Höhe der Fahrbahn über dem Wasserstande genügt die einfachste, Fig. 113 in der Ansicht und Fig. 114 im Durchschnitt dargestellte Construction. Auf der Saumschwelle *a*, welche auch Kothschwelle genannt wird, sitzen in einer Entfernung von 1,6 bis 1,75 Mètre von Mitte zu Mitte senkrechte Pfosten *c*, über welche die oben abgerundete Deckschwelle *b* gelegt und mit denselben durch Keilzapfen verbunden ist. Zwischen der Saum- und Deckschwelle geht ein horizontaler viereckiger Riegel *d*

durch, welcher über Eck gelegt und an beiden Enden in voller Stärke in den Pfosten eingesetzt ist.

Bei der, Fig. 115 in der Ansicht und Fig. 116 im Durchschnitte gegebenen Construction ist eine sehr wirksame Längenverspannung durch einfache Kreuzbüge *d* hergestellt, welche von den Ecken der durch die Saumschwelle *a*, die Deckschwelle *b* und die Pfosten *c* gebildeten Felder ausgehen, gleiche Stärke mit den Pfosten *c* haben, und in die sämmtlichen die Felder umschließenden Hölzer verzapft sind.

Bei der, Fig. 117 und 118 in der Ansicht und im Durchschnitte dargestellten Construction sind doppelte Kreuzbüge *d* von gleicher Stärke mit den

Fig. 117.

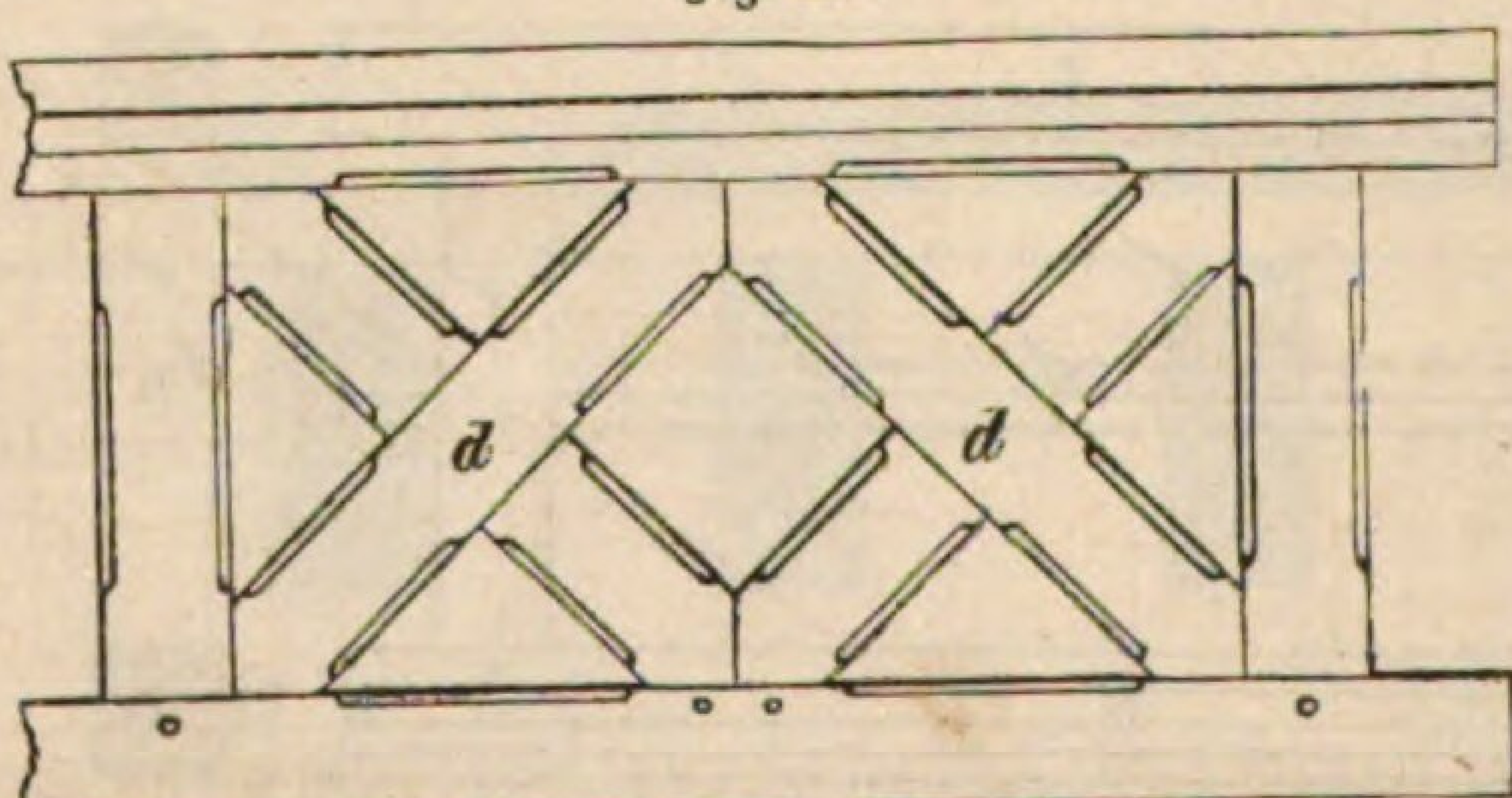


Fig. 118.

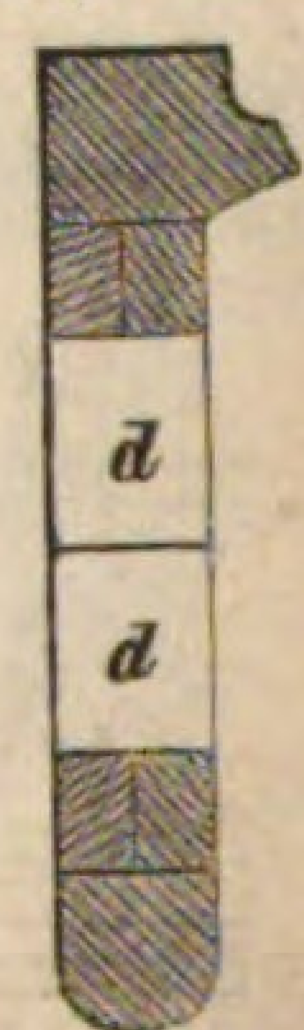


Fig. 119.

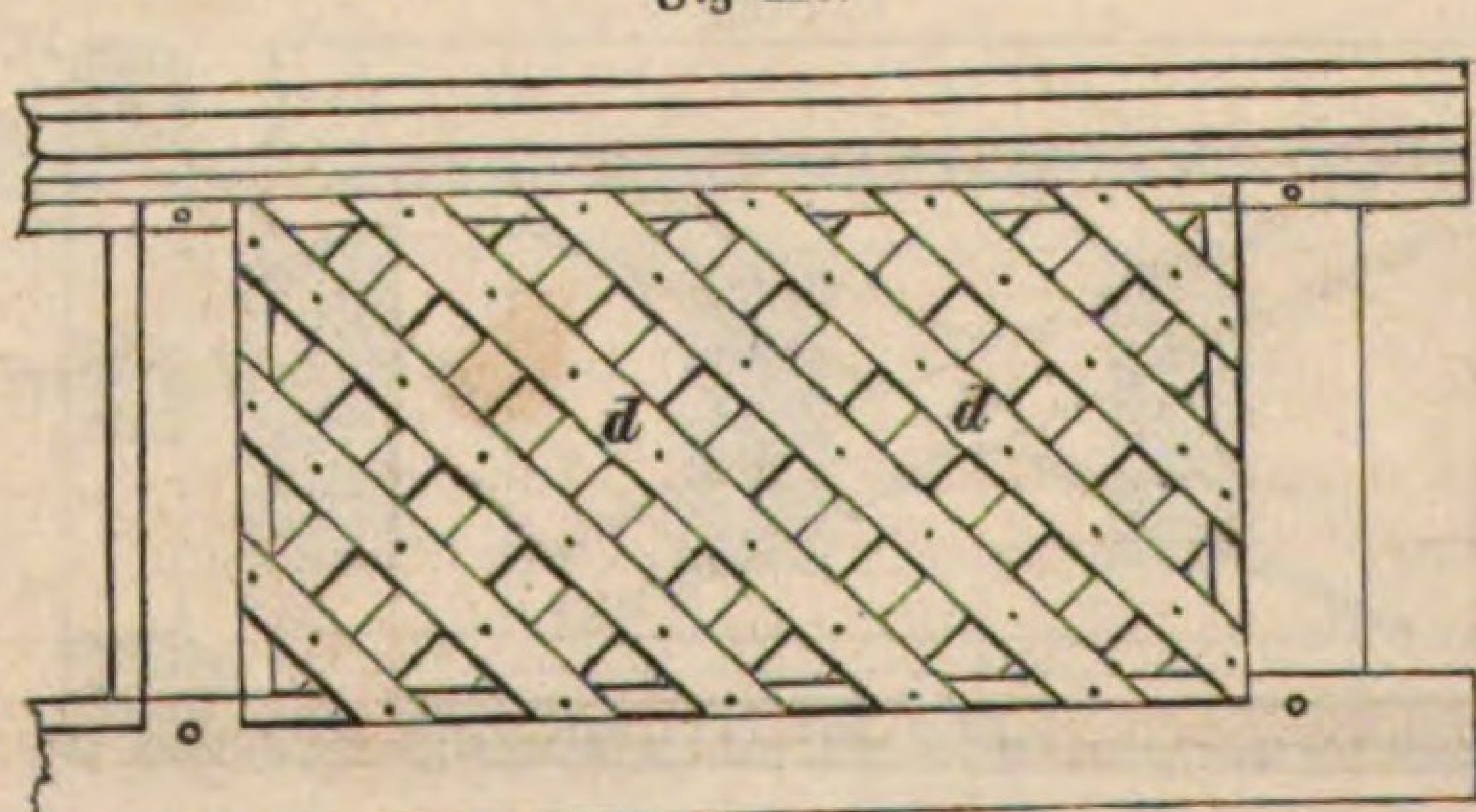


Fig. 120.



Pfosten *c* und der Deckschwelle *b* angebracht, welche ebenfalls mit den sämmtlichen Rahmhölzern des Geländerfeldes verzapft und an den Kreuzungsstellen durch Holznägel miteinander verbunden sind. Ein durch Rähmlinge gebildetes Gitterwerk für Geländer hoher und sehr frequenter Brücken geben wir Fig. 119 in der Ansicht und Fig. 120 im Durchschnitte. Die auf beiden Seiten in entsprechende Nuthen der den Rahmen des Geländerfeldes bildenden Hölzer gesetzten Rähmlinge *d* sind unter gleichem Winkel, doch nach entgegengesetzter Richtung, geführt, ohne sich an den Kreuzungsstellen zu überschneiden. Die Rähmlinge werden an ihren Enden durch Eisennägel mit den stärkeren Hölzern

der Umrahmung des Geländerfeldes, sowie unter sich an den Kreuzungsstellen befestigt.

f. **Die Eisbrecher**, welche zum Schutze der Brückenjoche gegen die zerstörende Gewalt der Eismassen, und insbesondere gegen das Aufthürmen derselben unmittelbar an den Jochen, wodurch die letzteren erschüttert und aufgelockert werden, dienen, bestehen aus einer Anzahl fest eingerammter Pfähle, welche zur Unterstützung eines schräg eingerammten Pfahles, des sogenannten Eispfahles, angebracht und mit diesem zu einer festen Wand verbunden sind. Der Eispfahl erhält eine bedeutendere Stärke als die zu seiner Unterstützung dienenden eingerammten Pfähle, wird oben scharfkantig bearbeitet und durch

Fig. 121.

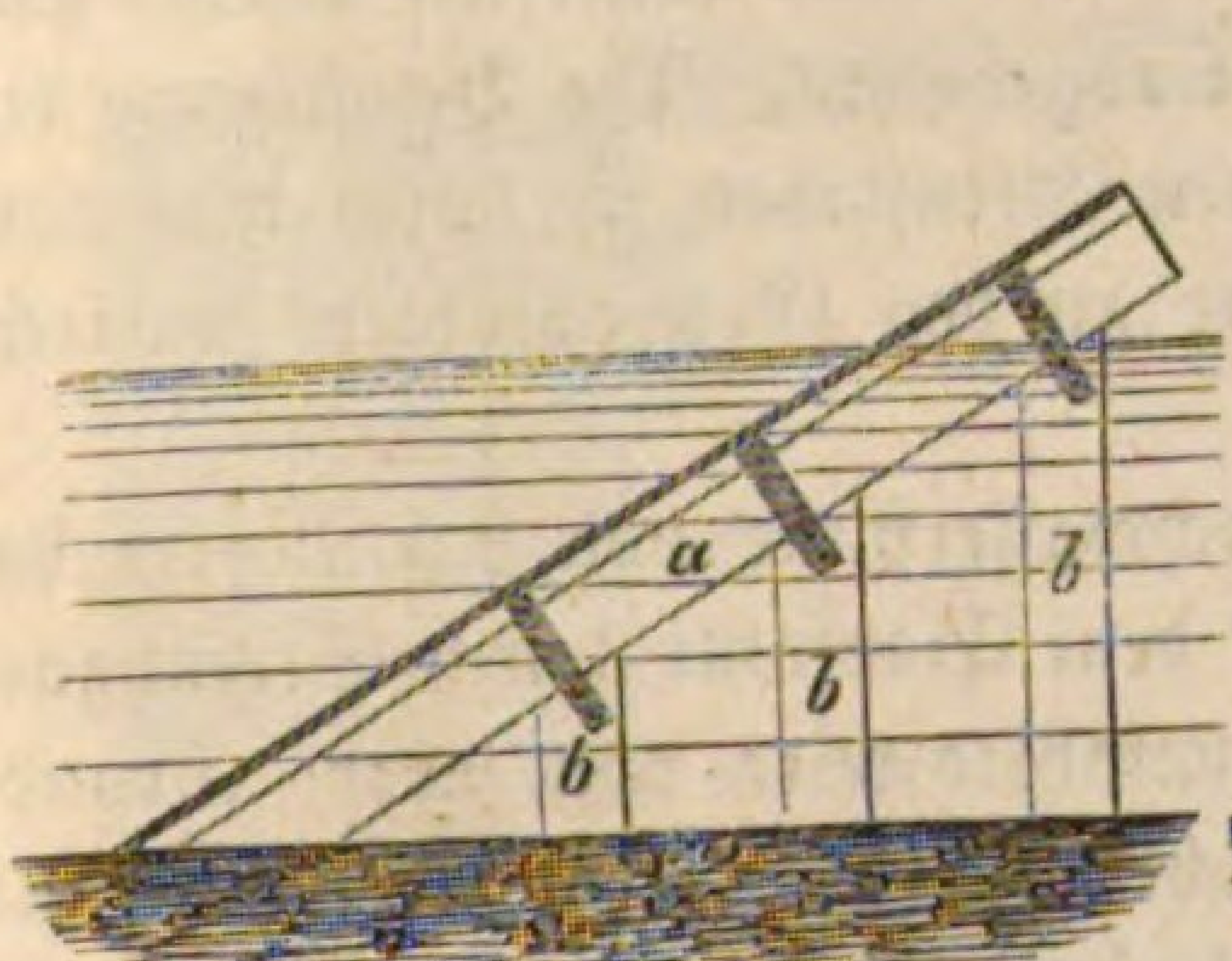
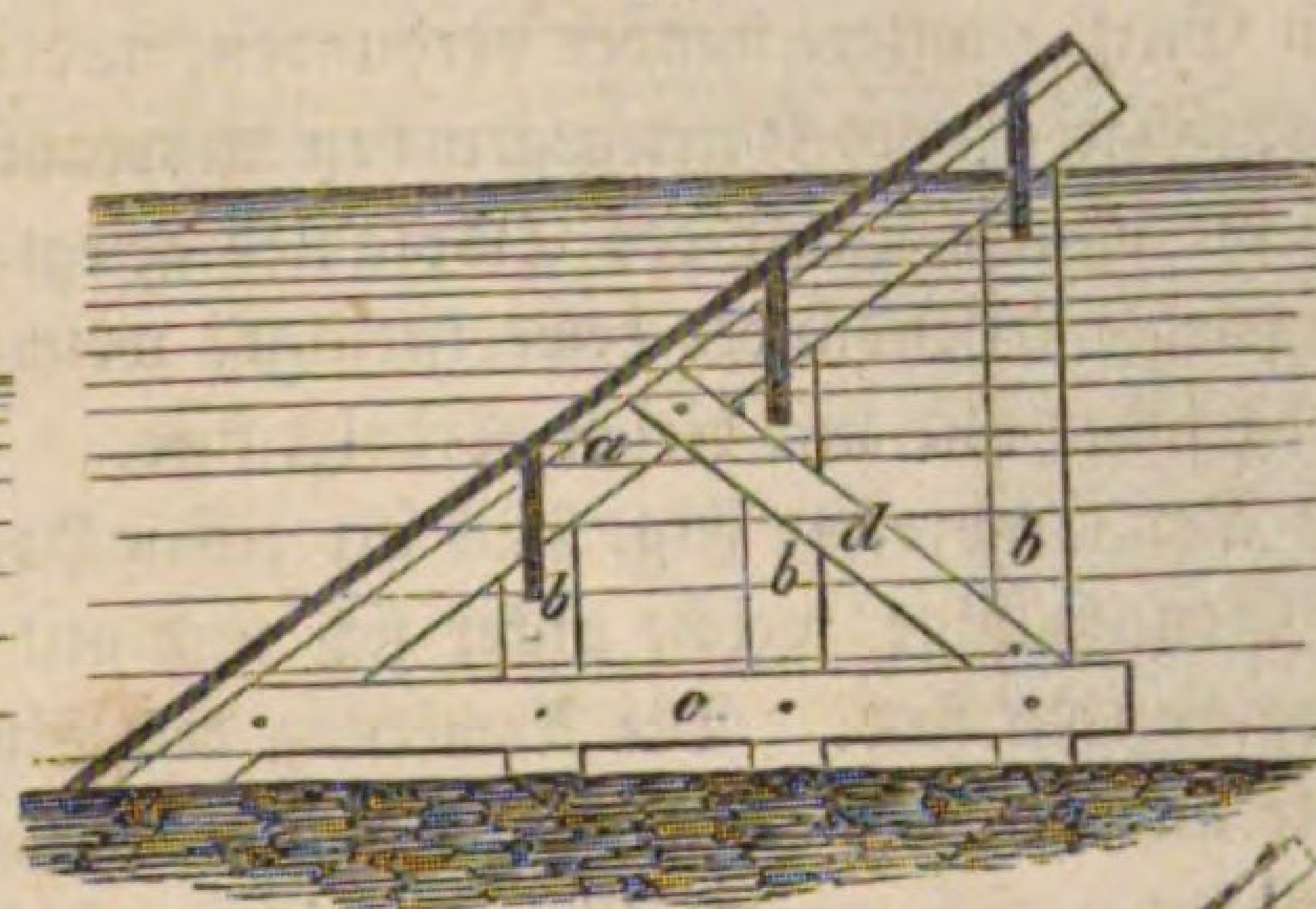


Fig. 122.



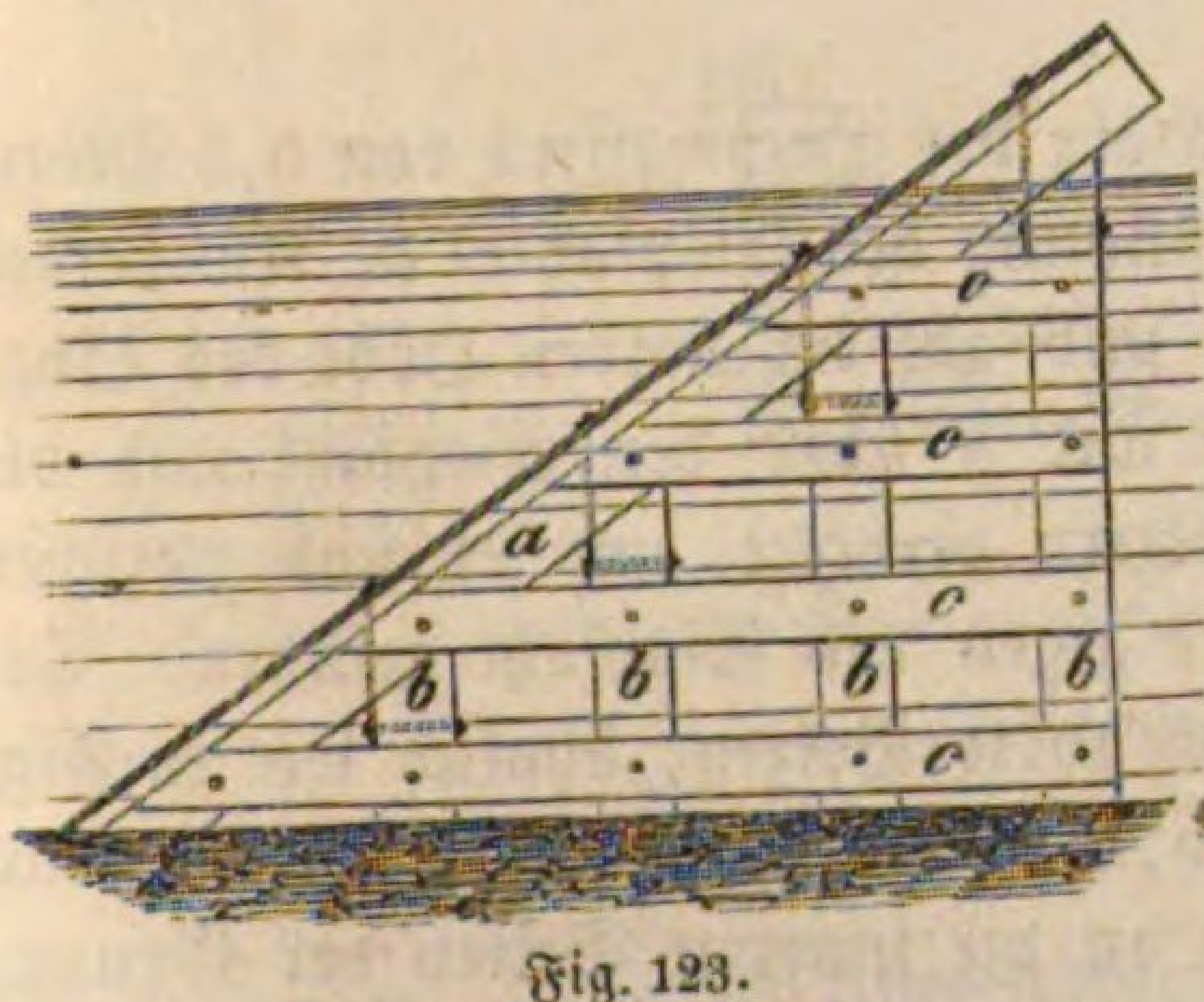


Fig. 123.

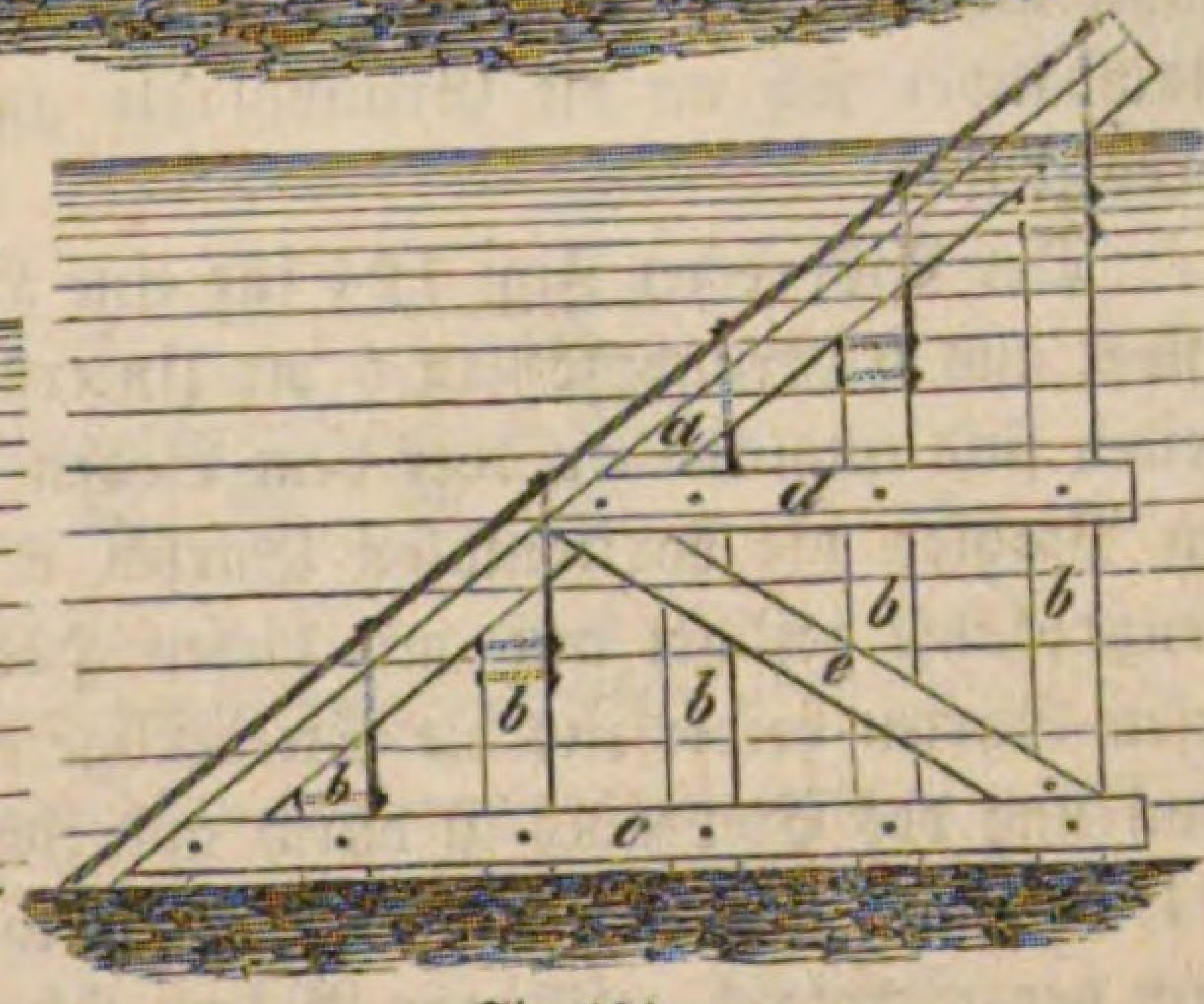


Fig. 124.

einen starken Eisenstab seiner ganzen Länge nach bewaffnet. Die Eismassen, welche ihren Weg nach den Brückenjochen nehmen, werden über den Eispfahl gehoben, zertheilen sich in kleinere Stücke, und nehmen, seitlich herabstürzend, ihren Weg durch die Brückenöffnung. Zu diesem Zwecke müssen die Eispfähle mit ihrem oberen Ende über den Hochwasserstand, bei welchem der Eisgang stattfindet, hervorstehen, und der Neigungswinkel, unter welchem sie gegen die Horizontalebene eingerammt werden, welcher zwischen 20 und 35 Graden beträgt, muß um so größer sein, je größer der Abstand des Hochwassers vom niederen Wasserstande ist.

Wir geben in den Fig. 121 bis 124 vier verschiedene Constructionen von Eisbrechern für vier verschiedene Hochwasserstände von 1,5, 2, 2,5 und 3,5 Mètre. Bei dem Eisbrecher Fig. 121 für einen Hochwasserstand von 1,5 Mètre sitzt der Eispfahl *a* auf drei in gleicher Entfernung voneinander senkrecht eingerammten Pfählen *b*, ist mit diesen durch Keilzapfen und weiter durch drei Eisenbänder verbunden, welche zur Befestigung des über die scharfe Kante des Eispfahles gelegten Eisenstabes dienen und rechtwinkelig gegen denselben geführt sind.

Bei dem Eisbrecher Fig. 122 für einen Hochwasserstand von 2 Mètre wird der Eispfahl *a* gleichfalls durch drei eingerammte Pfähle *b* unterstützt. Diese drei Pfähle *b* sind zunächst dem Grunde beiderseits durch einen horizontalen Gurt *c* untereinander verbunden, und es sind vom äußersten Pfahle aus Strebebüge *d* vom Gurt gegen den Eispfahl angebracht. Die Befestigung des über die scharfe Kante des Eispfahles gelegten Eisenstabes ist durch drei darübergelegte Eisenbänder bewerkstelligt, welche an den Grundpfählen senkrecht herabgeführt und mit diesen verbolzt sind.

Der Eisbrecher Fig. 123 für einen Hochwasserstand von 2,5 Mètre hat vier Grundpfähle, welche unter sich und mit dem Eispfahle durch Streichgurten verbunden sind. Die Armirung des Eispfahles wird von jedem Grundpfahle aus durch Bolzen aufgeschraubt, welche unterhalb dem Eispfahle als Flachbänder sich an die Grundpfähle anschließen und mit diesen gleichfalls verbolzt sind.

Der Eisbrecher Fig. 124 für eine Höhe des Hochwassers von 3,5 Mètre besteht aus 5 Grundpfählen *b* zur Unterstützung des Eispfahles *a*. Auf beiden Seiten sind unmittelbar über dem Boden und auf der halben Höhe des längsten Pfahles die horizontalen Gurten *c* und *d* über den Eispfahl und die Grundpfähle geführt und mit diesen Hölzern verbolzt, und es sind zwischen diesen Gurten beiderseits die Strebebüge *e* gegen den Eispfahl geführt. Die Armirung des Eispfahls ist durch aufgeschraubte Bolzen, ähnlich wie in Fig. 124, befestigt, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Flachbänder der senkrecht durch den Eispfahl geführten Bolzen sich an die inneren Seiten der Grundpfähle anschließen.

Dürfen die Eisbrecher nicht unmittelbar an die Joche gesetzt, so dürfen sie dagegen auch nicht in zu großer Entfernung von den Jochen aufgeführt werden. Je nach der Höhe des Wasserstandes beim Eisgange beträgt ihr Abstand von den Jochen 1 bis 3 Mètre.

Haben wir die Bestandtheile der Jochbrücken kennen gelernt, so können wir nun zur Betrachtung einiger ausgeführten Jochbrücken übergehen, um dadurch mit der verschiedenen Auffassung und Behandlung der Construction dieser Brücken soweit bekannt zu werden, als es durch den Vergleich von nur wenigen

Beispielen möglich ist. Wir werden dabei zu unterscheiden haben: die Jochbrücken mit einfachen und die mit künstlich verstärkten Straßenträgern.

Aus den Normalentwürfen für den Brückenbau im Königreich Württemberg, mitgetheilt im Jahrgang 1841 der „Allgemeinen Bauzeitung", entnehmen wir eine Balken- oder Jochbrücke der einfachsten Art für eine Spannweite von 5 bis 6 Mètre zwischen den zwei Widerlagsmauern. Wie aus der Ansicht Fig. 125 und dem Querschnitte Fig. 126 zu ersehen, sind die einfachen, 9 und 12 Zoll starken Straßenträger zwischen die bis zur Fahrbahn aufgeführten Widerlagsmauern gelegt und ruhen auf 12 und 12 Zoll starken

Fig. 125.

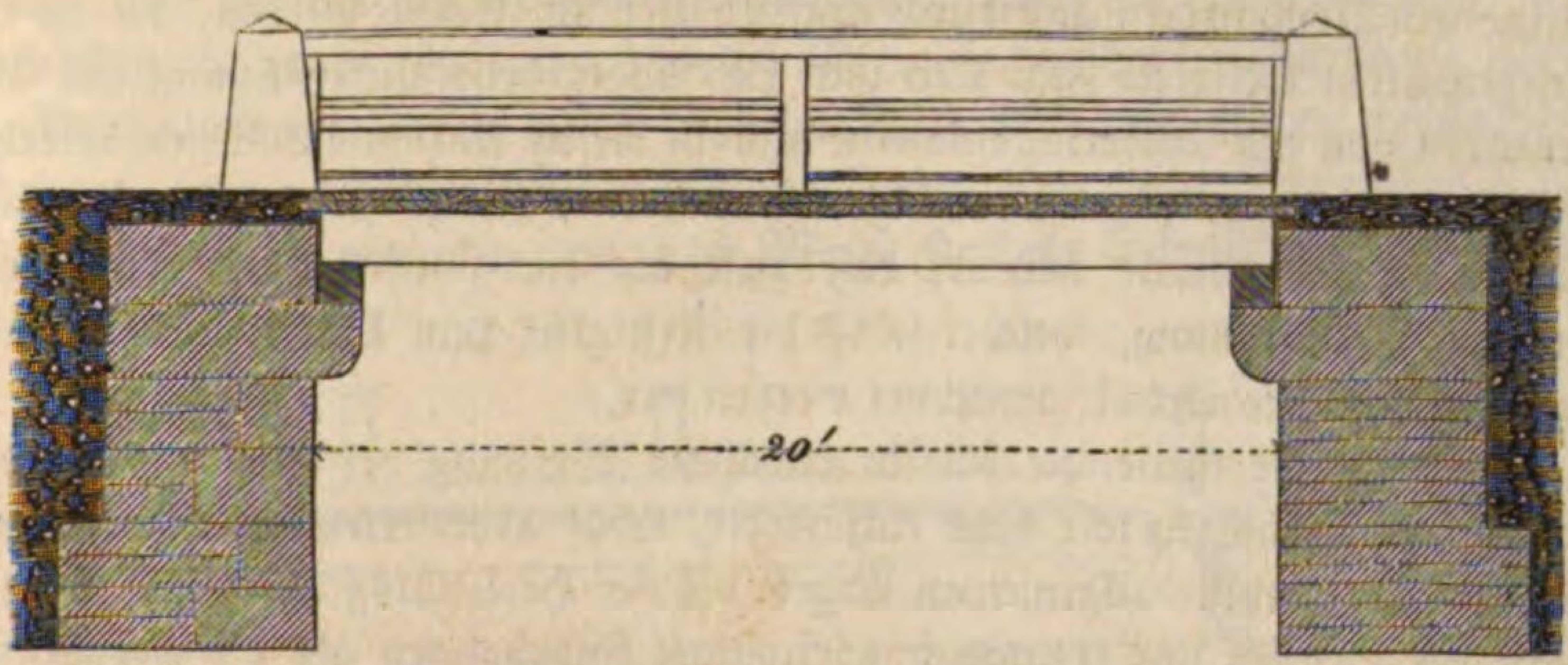
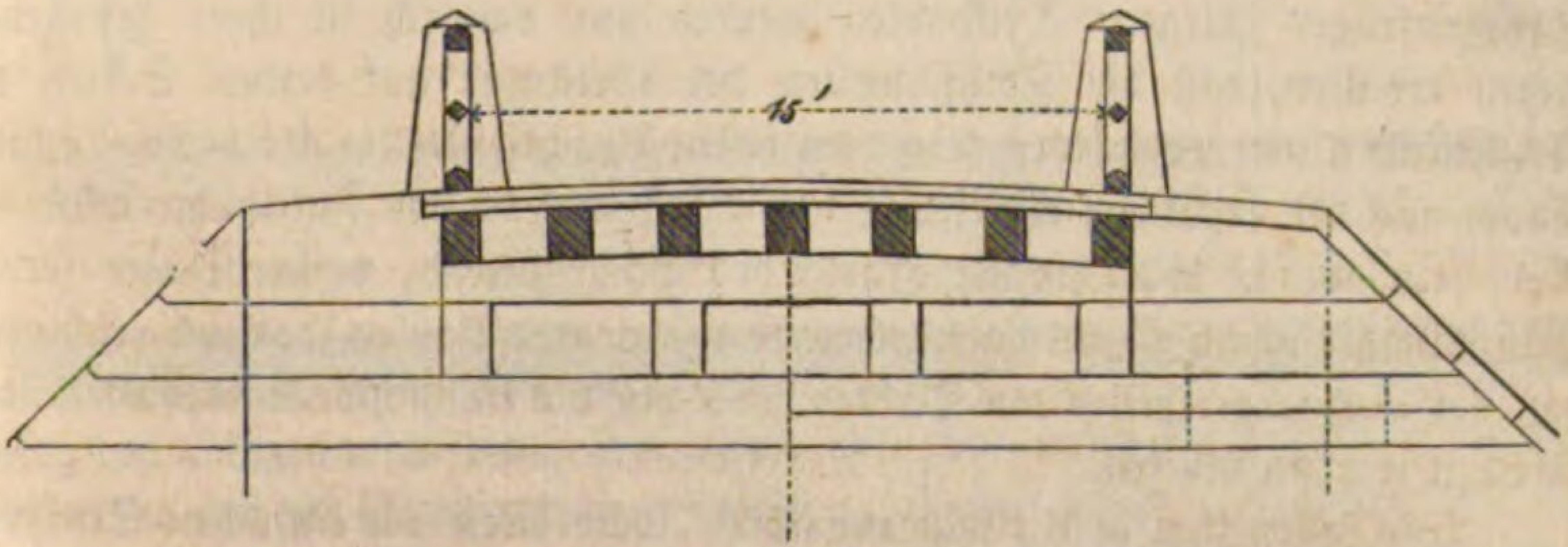


Fig. 126.



Mauerlatten, zu deren Unterstützung an jeder Widerlagsmauer vier starke Tragsteine angebracht sind. Die Brückendecke besteht aus einer doppelten Bohlenlage auf die ganze Breite der Brücke, und hat eine gleiche Wölbung wie die Fahrbahn der Straße. Die Wölbung der Brückendecke ist dadurch hergestellt, daß die zur Unterstützung der sieben Straßenträger von ganz gleicher Stärke dienenden Mauerlatten von ihren Enden gegen die Mitte nach dem Querprofile der Fahrbahn der Straße verstärkt sind, wie dies aus dem Querschnitte Fig. 126 ersichtlich ist. Dadurch, daß die Straßenträger bei diesen Brücken zwischen die Widerlagsmauern gelegt sind, soll dem Eindringen der

Grundfeuchtigkeit an den Hirnenden derselben vorgebeugt und so deren Dauer vermehrt werden. Dieser Vortheil steht aber, unseres Erachtens, in keinem Verhältniß zu dem Aufwande von sehr starken Hölzern, aus denen die Straßenträger um deswillen bestehen müssen, weil sie an ihren Enden nicht angespannt, sondern nur einfach unterstützt, sonach als frei aufliegend zu betrachten sind. Bei einer Brückenweite von 8 bis 10 Mètre reichen aus diesem Grunde Straßenträger von einfachen Balken nicht mehr aus, und es bestehen dieselben nach diesen Normalentwürfen aus doppelten Balken, welche ohne Verzahnung aufeinandergelegt und durch senkrechte Eisenbolzen miteinander verbunden werden. Wenn selbst bei Brücken von mehreren Jochweiten, deren Straßenträger von steinernen Jochpfeilern aus durch Sattelhölzer unterstützt werden, die in dem mitgetheilten Beispiele Fig. 125 und 126 angegebene Unterstützung der Balkenenden von den Widerlagsmauern aus in diesen Normalentwürfen beibehalten ist, daß also von den Widerlagern aus keine Sattelhölzer angebracht werden können, so geht daraus hervor, daß diese auf eine zweifelhaft längere Dauer berechnete Anordnung, welcher selbst die Festigkeit zum Opfer gebracht wird, mit Recht als fehlerhaft bezeichnet werden darf.

Welche Vortheile die bereits erwähnte Wölbung der Brückenbahn darbieten soll, vermögen wir nicht einzusehen, wohl aber erkennen wir in dieser Abweichung von der allgemeinen Regel: bei der Herstellung von Bohlenbelegen hölzerner Brücken nur ebene und horizontale Fahrbahnen als die zweckmäßigsten zu betrachten, eine ungerechtfertigte Verkünstelung. Die quer über die Straßenträger gelegten Deckbohlen werden nur dadurch in ihrer gebogenen Form erhalten, daß die Kothschwellen der Geländer auf beiden Seiten die Bohlenenden niederdrücken. Bei dem festen Anschließen der Kothschwelle kann sonach von der seitlichen Ableitung des Wassers von der Fahrbahn nicht die Rede sein, und es wird die Reparatur des Bohlenbelegs, dessen Dauer jedenfalls eine geringere ist als bei horizontal aufgelegten Bohlen, dadurch erschwert, daß vor dem Einziehen neuer Bohlen jedesmal die Kothschwellen der Geländer beseitigt werden müssen.

Wir lassen nun noch einige bewährte Jochbrücken mit einfachen Straßenträgern folgen, welche wir im Jahre 1828 an Ort und Stelle im Venetianischen aufgenommen haben. Fig. 127 stellt die Ansicht einer Jochweite und Fig. 128 den Querschnitt einer Jochbrücke für Fußgänger dar, welche, bei einer Breite von 2 Mètre aus sieben Jochweiten zu 6,25 Mètre bestehend, eine Länge von 43,75 Mètre von Widerlager zu Widerlager hat. Die Widerlager bestehen aus Quadermauern und es sind darauf doppelte Schwellen gelegt, auf welche die Sattelhölzer der Balkenenden gekämmt sind. Die Jochwand von 4 Mètre Höhe Fig. 128 besteht aus zwei Pfählen von $\frac{0,25}{0,25}$ Mètre

Stärke mit einem $\frac{0,25}{0,3}$ Mètre starken Holm. Zur Sicherung der senkrechten Stellung der Jochpfähle sind an den Stirnseiten Strebepfähle angebracht, welche stumpf an die Jochpfähle und doppelte, mit den Pfählen verbolzte Gurten sich ansetzen. Zur Unterstützung der einfachen, über jedem Joche gestoßenen und mit schrägem Blatt versetzten Straßenträger, welche, wie alle Constructionstheile dieses Jochsteges, aus kantig bearbeitetem Eichenholze bestehen, sind von den Jochholmen aus, unmittelbar über den Jochpfählen, doppelte Sattelhölzer untergelegt, zu deren Unterstützung noch beiderseits Büge angebracht sind, welche über dem höchsten Wasserstande von den Jochpfählen ausgehen. Die Ausladung der oberen, unmittelbar unter die Straßenträger gelegten Sattelhölzer beträgt beiderseits 1,5 Mètre, so daß der ununterstützte Theil der Straßenträger, welche durch doppelte Keile mit dem oberen Sattelholz verbunden, sonach an ihren Enden fest angespannt sind, eine Länge von 3,25 Mètre hat. Das einfache, aus 0,15 Mètre starkem Schnittholze bestehende

Fig. 127.

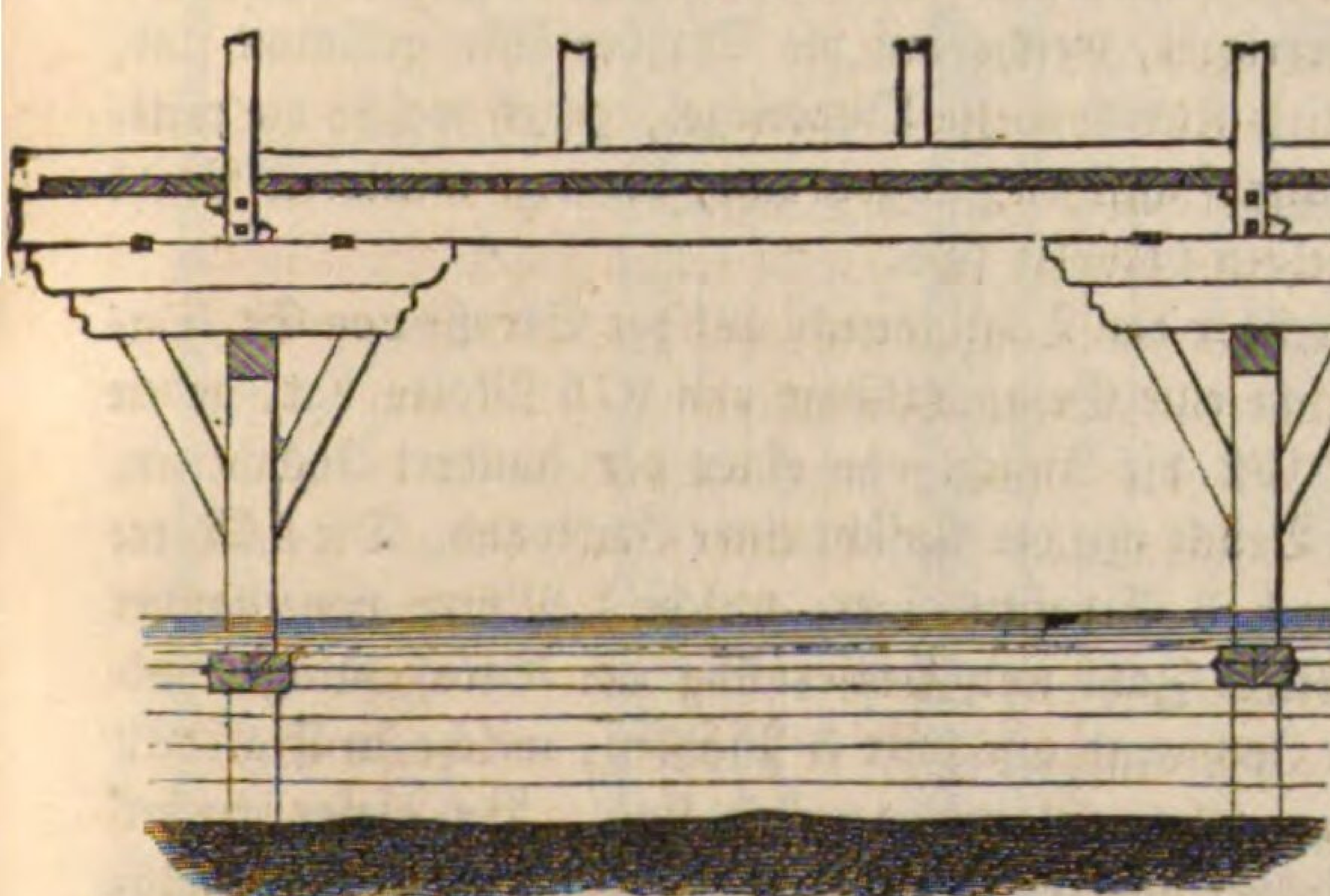
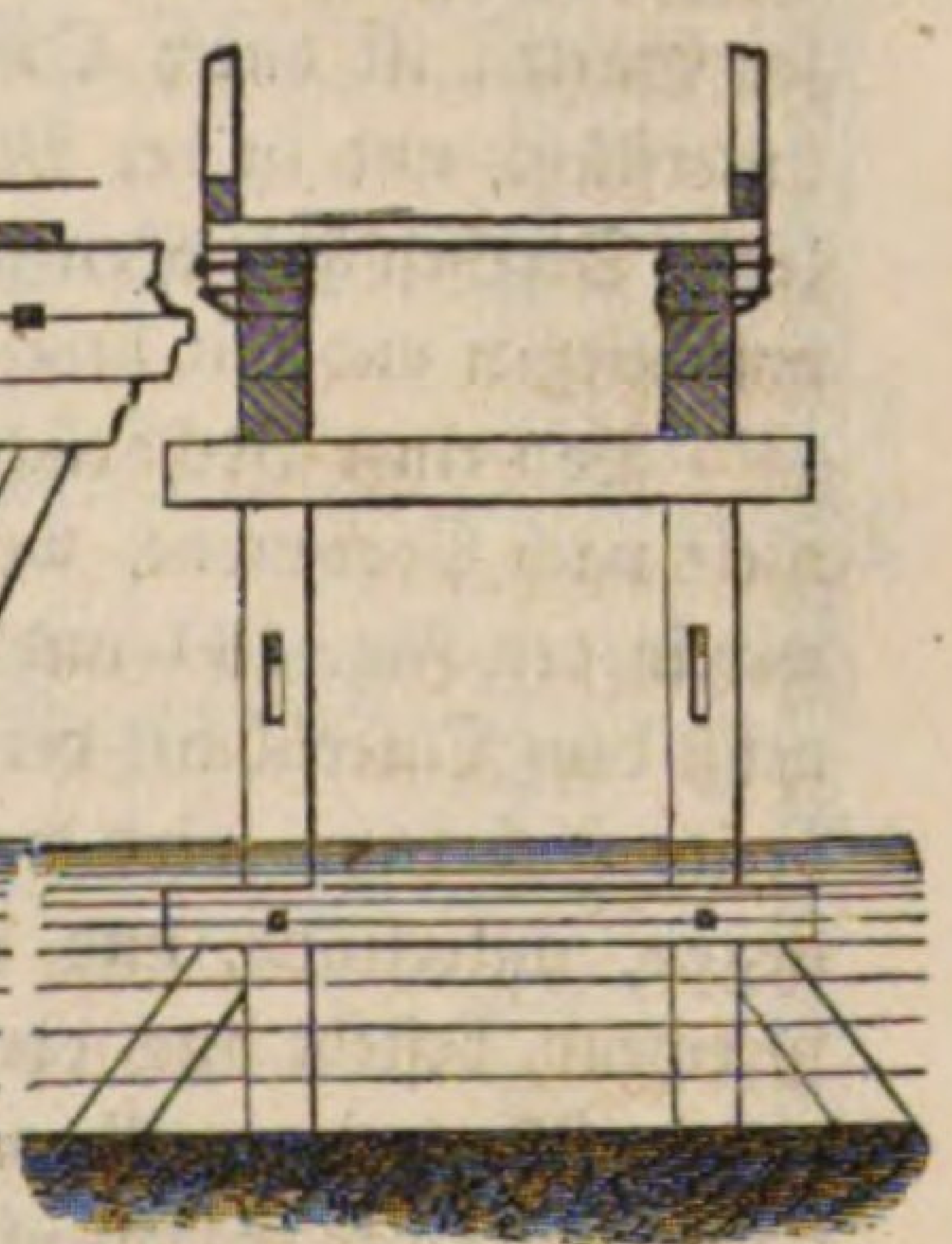


Fig. 128.



Beleg des Steges wird durch Holznägel, und zwar durch die Kothschwellen des Geländers auf die Straßenträger befestigt. Ueber jedem Joche befinden sich Hauptpfosten des Geländers, welche nach außen vor die Straßenträger gesetzt und mit diesen verbolzt sind. In diese Hauptpfosten sind die Kothschwellen verzapft, auf welche die Zwischenpfosten des Geländers gesetzt sind.

Eine Jochbrücke von drei Jochweiten von je 6,25 Mètre und einer Breite der Fahrbahn von 5 Mètre, welche gleichfalls steinerne Widerlager hat, ist, nach Fig. 129 in der Längenansicht einer Jochweite und Fig. 130 im Durchschnitt mit Ansicht der Jochwand dargestellt, ebenfalls aus kantigem Eichenholz construirt.

Die einfachen $\frac{0,25}{0,4}$ Mètre starken Straßenträger aus Lärchenholz liegen

unmittelbar auf dem Holm der Jochwand, deren 7 Pfähle in gleicher Entfernurg mit den unmittelbar darübergelegten 7 Straßenträgern eingerammt sind, und sind durch 1,75 Mètre ausladende Büge, beiderseits von den Jochpfählen ausgehend, unterstützt, so daß der ununterstützte Theil der Straßenträger nur eine Länge von 2,75 Mètre hat. Diese höchst einfache Unterstützung der Straßenträger ohne untergelegte Sattelhölzer konnte hier als ausreichend angesehen werden, indem die bis über die Widerlagsmauern reichenden Straßenträger bei einer Länge von 20 Mètre aus ganzen Stämmen bestehen. Mit besonderer Vorsicht sind die beiden Joche dieser Brücke gegen Erschütterung durch schwimmende Körper gesichert. Gegen die beiden Stirnpfähle sind doppelte Strebepfähle eingerammt, welche die Stirnpfähle seitlich umschließen und mit denselben verbolzt sind. Aehnliche doppelte Strebepfähle sind zur seitlichen Befestigung der Jochwand auf beiden Seiten gegen den mittelsten Pfahl der Jochwand eingerammt und mit diesem Pfahl, welchen sie an ihren oberen Enden seitlich umschließen, verbolzt. Ueber den Strebepfählen sind doppelte Gurten über die Jochpfähle gelegt und mit diesen überschnitten und verbolzt. Der Vorstoß dieser Gurten ist durch Querriegel, welche auf die Strebepfähle gekämmt sind, unterstützt, und in der Mitte sind doppelte Querriegel, gegen welche die mittleren Strebepfähle oben stumpf ansitzen, angebracht, die den mittleren Pfahl umschließen und mit demselben verbolzt sind.

Von einer Jochbrücke über den Tagliamento auf der Straße von St. Daniele nach Pordenone, welche eine Gesammtlänge von 975 Mètre hat, geben wir in den Fig. 131 und 132 die Ansicht von einer der hundert Jochweiten, nebst dem Querschnitt der Brücke mit der Ansicht einer Jochwand. Die 5 Mètre breite Fahrbahn wird durch 5 Straßenträger, welche 1 Mètre voneinander liegen, unterstützt, und dieser Zahl und Entfernung der Straßenträger entsprechend, besteht auch die Jochwand aus nur 5 Pfählen, welche in Fig. 132 wegen Mangel an Raum näher zusammengerückt sind. Bei dieser großen Entfernung der Straßenträger voneinander besteht die Brückendecke aus Halbholz. Die Jochweite beträgt 9,75 Mètre. Die Straßenträger, welche, wie alle Theile der Brückenconstruction, aus kantig bearbeitetem Eichenholz bestehen, sind $\frac{0,3}{0,4}$ Mètre stark und ruhen an ihren Enden, die über jedem Joche gestoßen und durch schräges Hakenblatt mit Keil miteinander verbunden sind, auf einfachen, beiderseits 1,25 Mètre ausladenden Sattelhölzern, welche durch Büge von den Jochpfählen aus unterstützt sind. Zur gleichmäßigen Vertheilung der Belastung der Fahrbahn auf die sämmtlichen Straßenträger sind zwei Tragschwellen 2,25 Mètre voneinander entfernt unter die Straßenträger gelegt. Zwischen diesen Tragschwellen befinden sich doppelte Kreuzbüge, welche einerseits dazu dienen, die Widerstandsfähigkeit der Brückenbahn gegen hori-


Fig. 129. Fig. 130. Fig. 131. Fig. 132.

zontales Verschieben zu vermehren, andererseits ersetzen sie die Spannriegel für doppelte Streben oder Sprengbüge, welche von jedem Jochpfahle gegen die Tragschwellen geführt sind. Die durch die erwähnten Streben unterstützten Tragschwellen sind nun als Durchzüge zu betrachten, auf welchen die Straßenträger ruhen, und sind deshalb mit den letzteren nicht verbolzt. Die Construction der in Fig. 132 dargestellten Jochwand ist höchst einfach, indem nur der Länge nach Strebepfähle eingerammt sind, welche stumpf an den Stirnpfählen und den über die Jochpfähle gelegten doppelten Gurten ansitzen und außerdem auf einer unterhalb des Ansatzes angebrachten Verstärkung der Stirnpfähle ruhen. Die Stirnpfähle haben oberhalb des Ansatzes der Strebepfähle die gleiche Stärke der übrigen Jochpfähle von $\frac{0{,}3}{0{,}3}$ Mètre, während sie unterhalb dieses Ansatzes $\frac{0{,}3}{0{,}375}$ Mètre stark sind. Bei der Höhe der Jochwände von 5 Mètre konnten die Streben zur Unterstützung der Tragschwellen über dem höchsten Wasserstande unmittelbar über den Gurten angesetzt werden. Diese doppelten Streben umschließen an ihrem unteren Ende die Jochpfähle, und sind mit diesen, wie aus Fig. 132, wo sie sammt den Tragschwellen weggelassen sind, zu ersehen ist, auf den Seiten verblattet und durch Holznägel verbunden. Außer den Bolzen der Jochgurten und den Eisenbändern, welche über die Enden der Straßenträger gelegt und durch Bolzen mit den Sattelhölzern verbunden sind, kommt bei der soliden Construction dieser durch ihre bedeutende Länge sich auszeichnenden Jochbrücke mit einfachen Straßenträgern kein weiteres Eisenwerk vor.

Gehen wir zu der Betrachtung von Jochbrücken mit künstlicher Verstärkung der Straßenträger über, so kann, die Straßenträger als gerade Balken vorausgesetzt, die Verstärkung derselben streng genommen nur a) durch Verzahnung oder Verdübelung zweier oder mehrerer Balken aufeinander, oder b) durch Uebereinanderlegung zweier oder mehrerer Balken mit dazwischen angebrachten kurzen Untersätzen von Bohlen oder kurzen Balkenstücken bestehen. Bei der Verzahnung oder Verdübelung der Straßenträger wird die in die Fugen eindringende Nässe wegen des mangelnden Luftzugs lange zurückgehalten und dadurch die Dauer dieser Hölzer sehr beeinträchtigt. Wir glauben deshalb der Verstärkung von Straßenträgern durch Uebereinanderlegung mit dazwischen angebrachten Untersätzen an den vermittelst Bolzen herzustellenden Verbindungen der übereinander gelegten Balken miteinander den Vorzug einräumen zu müssen.

Als Beispiel einer Jochbrücke mit künstlich verstärkten Straßenträgern durch Uebereinanderlegung zweier Balken mit Untersätzen, die aus eichenen Bohlenstücken bestehen, geben wir in den Fig. 133 bis 136 die Darstellung der Construction einer aus 5 Oeffnungen von 13,2 Mètre Lichtenweite bestehenden Brücke über die Tauber zu Bischoffsheim. Wie aus der Ansicht eines

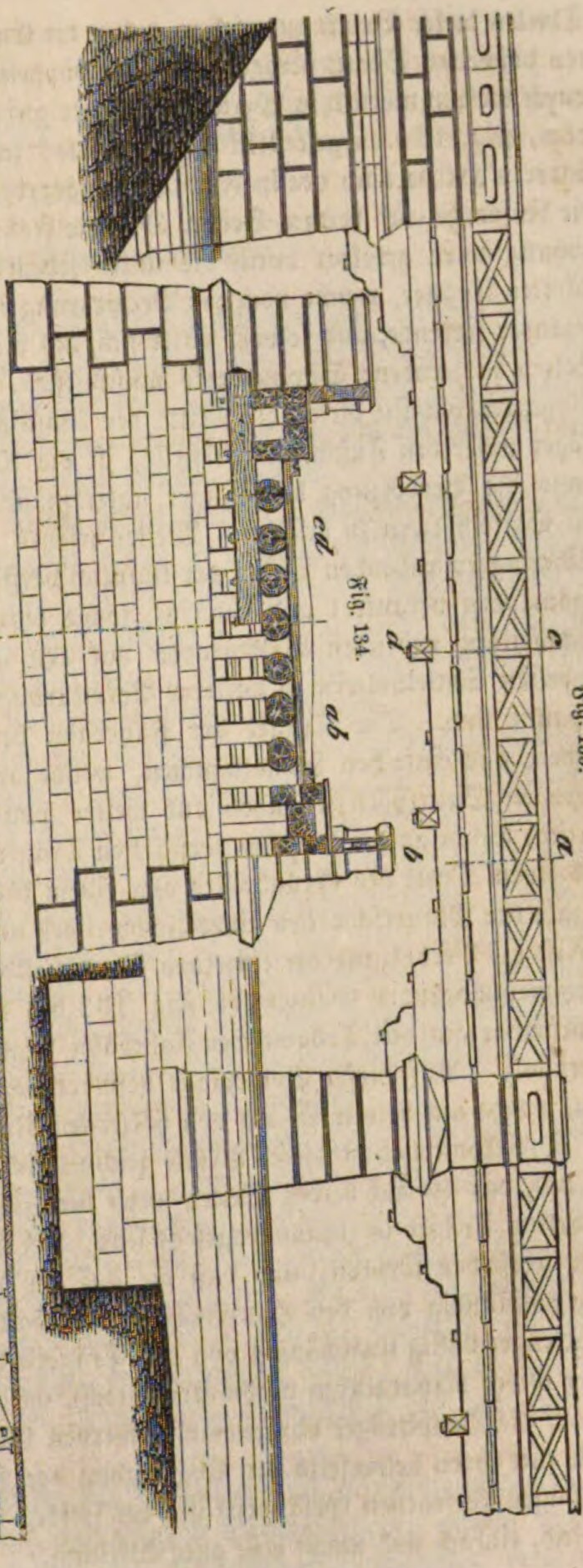


Fig. 133.

Fig. 134.

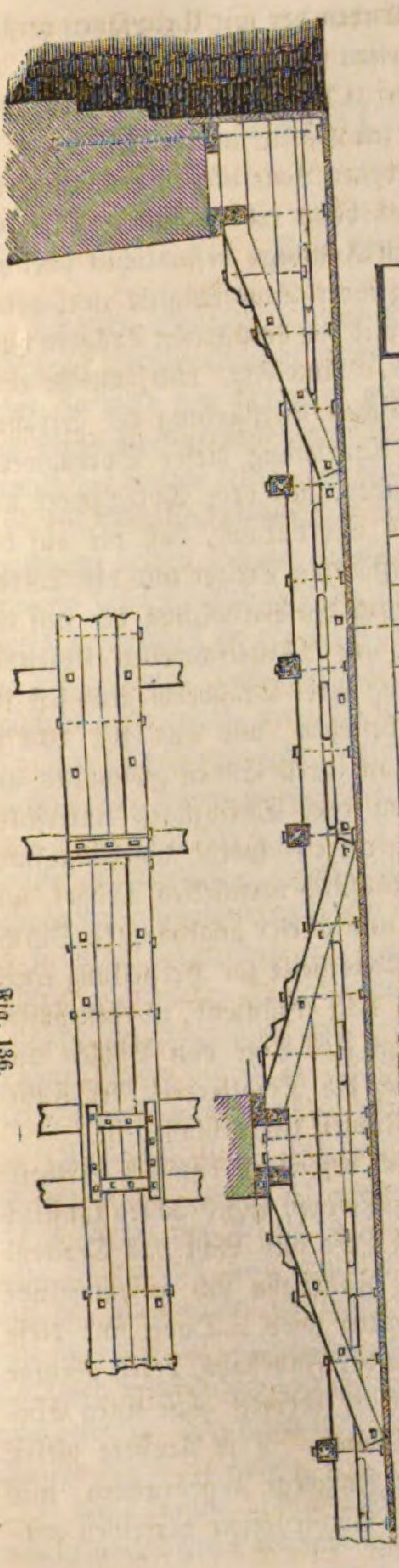


Fig. 135.

Fig. 136.

Theiles dieser Brücke zu ersehen, ruhen die Enden der mit Untersätzen verstärkten doppelten Straßenträger auf einer doppelten Lage von Sattelhölzern, wodurch die ununterstützte Weite der Träger auf 9 Mètre beschränkt wird. Aus dem, Fig. 134 dargestellten Querschnitte, zur Hälfte in der Mitte *cd*, zur anderen Hälfte nach der in Fig. 133 angegebenen Linie *ab*, ist ersichtlich, daß die Fußwege auf beiden Seiten über die Fahrbahn erhöht sind. Diese Erhöhung wird gebildet durch die unter jedem Fußwege befindlichen zwei verstärkten Träger, welche noch zur Vermehrung ihrer Tragfähigkeit zwei nebeneinander stehende, und sowohl unter sich, als mit den verstärkten Trägern durch Bolzen verbundene Sprengwerke umschließen. Aus Fig. 135, welche einen Längendurchschnitt durch die Mitte der künstlichen Verstärkung der Straßenträger unter den Fußwegen darstellt, ist die Anordnung dieser Sprengwerke, sowie die Verbolzung der Träger untereinander, mit dem Sprengwerk und den Sattelhölzern zu ersehen. Weiter ersehen wir daraus, daß die auf den Widerlagern ruhenden Enden der künstlich verstärkten Träger mit den Widerlagsmauern verankert und dadurch, sowie durch die Verbolzung der auf den Jochpfeilern ruhenden Balkenenden mit den auf Mauerschwellen liegenden doppelten Sattelhölzern zu weiterer Vermehrung ihres Tragvermögens fest angespannt sind. Die Träger der Fahrbahn bestehen, wie aus Fig. 134 zu ersehen, aus einfachen Rundstämmen, welche an ihren Enden gleichfalls auf doppelten Sattelhölzern ruhen und weiter von drei Durchzügen unterstützt werden, welche an die künstlich verstärkten Träger der Fußwege angehängt sind. Aus einem Theil des Grundrisses von einem künstlich verstärkten Träger, mit Angabe der Mauerschwellen eines Jochpfeilers und zweier angehängten Durchzüge ist die Verbolzung der einzelnen Constructionstheile zur Herstellung eines zusammenhängenden Ganzen, die Fig. 133 bis 135 ergänzend, zu entnehmen. Unmittelbar auf den Trägern der Fahrbahn liegt eine Lage von Bohlen aus Eichenholz. Auf dieser Bohlenlage befindet sich die Schotterdecke der Fahrbahn, welche auf beiden Seiten von hölzernen Rinnen eingeschlossen ist.

Die Construction dieser Brücke zeichnet sich besonders dadurch vortheilhaft aus, daß die auf beiden Seiten unter den Fußwegen angebrachten künstlich verstärkten Träger so zusammengesetzt sind, daß Luft und Licht das Trockenhalten derselben fördern, und daß die auf der Fahrbahn sich ansammelnde Nässe vollständig von den Hauptträgern abgehalten wird. Dabei sind diese Hauptträger völlig unabhängig von den Trägern der Fahrbahn, deren geringe Dauer öftere Reparaturen nothwendig macht, welche jederzeit ohne einen Einfluß auf die Hauptträger vorgenommen werden können. Das Aeußere dieser Brücke mit ihren beiderseits zur Abgrenzung der Fußwege angebrachten, mit Kreuzbügen versehenen Geländern ist, der soliden Construction derselben entsprechend, einfach und macht eine gute Wirkung.

Fünfter Abschnitt.

Von den Hängewerkbrücken.

Werden die Träger einer Brückenbahn durch eine aus geraden Hölzern bestehende Construction getragen, welche sich oberhalb der Straßenträger befindet, so wird eine derartige aus Streben, Hängesäulen und Spannriegeln oder Gegenstreben bestehende Construction wie bekannt ein Hängewerk, und darnach die Brücke selbst eine **Hängewerkbücke** genannt.

Bei Straßenbrücken sind in der Regel nur zwei Hängewerke als Tragrippen auf beiden Seiten angebracht, so daß sie zugleich die Geländer ersetzen, während bei Eisenbahnbrücken für doppelte Schienengeleise zuweilen noch ein drittes Hängewerk in der Mitte der Fahrbahn angebracht wird, damit die mit den Hängesäulen verbundenen Durchzüge, auf welchen die Straßen- oder Brückenträger ruhen, nicht die mindeste Einbiegung erleiden.

Für Straßenbrücken bietet das System der „österreichischen Knüppelbrücken" die einfachste Construction von Tragrippen dar, wenn die Brückenweite nicht mehr als 10 bis 15 Mètre beträgt. Die auf beiden Seiten der Brücke aufgestellten Tragwände, welche zugleich das Brückengeländer bilden, werden aus aufeinandergelegten Rundbalken mit Zwischenuntersätzen, ähnlich wie die künstlich verstärkten Straßenträger der in den Fig. 132 bis 136 dargestellten Jochbrücke, zusammengesetzt. Bei einer Brückenweite von 10 Mètre bestehen die Tragwände aus drei Rundbalken mit zwei Reihen Untersätzen, bei großen Weiten bis zu 15 Mètre aber aus vier bis fünf Rundbalken und den dieser Anzahl von Rundbalken entsprechenden Untersätzen.

Die Untersätze, aus kantig bearbeitetem festem Holze bestehend, werden an den beiden Enden der Träger etwa 1 Mètre lang, und zwischen diesen 1,5 bis 2 Mètre von Mitte zu Mitte voneinander entfernt, 0,5 bis 0,75 Mètre lang angewendet, und vermittelst Eisenbolzen oder darum gelegter Eisenbänder mit den Rundbalken zu einem Ganzen verbunden. An diese Tragwände werden nun entweder Durchzüge angehängt, auf welchen die, ebenfalls aus Rundstämmen bestehenden Straßenträger der Fahrbahn ruhen, oder es liegen die quergelegten Straßenträger mit ihren Enden unmittelbar auf dem untersten Balken der Tragwand.

Eine Brücke über die Lahn bei Biedenkopf im Großherzogthum Hessen wurde nach diesem System mit quergelegten Straßenträgern erbaut und von dem Erbauer im neunten Jahrgang der „Allgemeinen Bauzeitung" beschrieben.

Wir geben in Fig. 137 einen Theil der Tragwände mit ihrer Auflage auf den steinernen Widerlagern, in Fig. 138 den mittleren Theil der Tragwände über dem Joche, in Fig. 139 den Querschnitt der Brücke vor dem Joche und fügen die zur Erläuterung dienende Beschreibung des Verfassers in Nachfolgendem wörtlich bei:

„Diese Brücke setzt das Ludwigshütter Eisenwerk mit dem jenseitigen Lahnufer in Verbindung, sie besitzt eine Länge von 102 Fuß (25,5 Mètre) wird in der Mitte durch einen Holzpfeiler (Joch) getragen und ist im Allgemeinen nach dem Systeme der österreichischen Knüppelbrücken gebaut, hat aber von denselben verschiedene zweckmäßige Abweichungen.

aa (Fig. 139) sind die Haupttragbalken;

bb die Zwischenklötze, welche durch

cc die Verbandschrauben zu einem festen System miteinander verbunden sind;

dd gußeiserne Sattel;

ee die Querschwellen, worauf das Bohlenbeleg *f* ruht;

gg Schwellen zur Begrenzung des Fahrgeleises (Schotterbäume);

hh vier Pfähle, welche den mittleren Pfeiler bilden und welche durch Balken *ii* miteinander verbunden sind. Die Pfähle sind am unteren Ende mit einem starken schmiedeeisernen Schuh *k* versehen (Fig. 138);

l ein gußeiserner Schuh an den Enden der unteren Tragbalken *a*, um sie vor dem Eindringen der Feuchtigkeit an den Erdpfeilern (Widerlagern) *m* zu schützen;

n ein kleiner Rost, zum Abfließen des Wassers von der Brückenbahn.

Vorzüge der Knüppelbrücken nach dieser Construction.

Die Haupttragbalken *a* bedürfen fast gar keiner Bearbeitung, wodurch dieselben nicht allein der Fäulniß länger widerstehen, als die behauenen Balken der anderen Brücken, sondern auch ihre volle Tragkraft behalten, da die Bearbeitung gerade an den Stellen ist, wo keine große Stärke erfordert wird. Alle bearbeiteten Stellen sind gegen das Eindringen von Regenwasser geschützt, und die Zwischenklötze bieten demselben lauter Längenholz dar.

Diese Brücken haben zwar eine größere Masse Eisentheile nöthig, allein der Holzbedarf ist, proportional zur Tragkraft, geringer als bei den gewöhnlichen Brücken, man braucht ferner weniger Pfeiler anzuwenden, so daß die Kosten weniger als die einer gewöhnlichen Brücke betragen.

Bei den österreichischen Brücken liegen die Zwischenklötze *b* (Fig. 140, 141, 142) ohne Ansatz zwischen Hauptbalken *a*, und sind nur vermittelst der Bänder *c* und der durchgehenden Schrauben *o* zusammengehalten, wodurch bei großer Belastung leicht ein Verschieben oder Kippen der Klötze *b* stattfinden

Fig. 137.

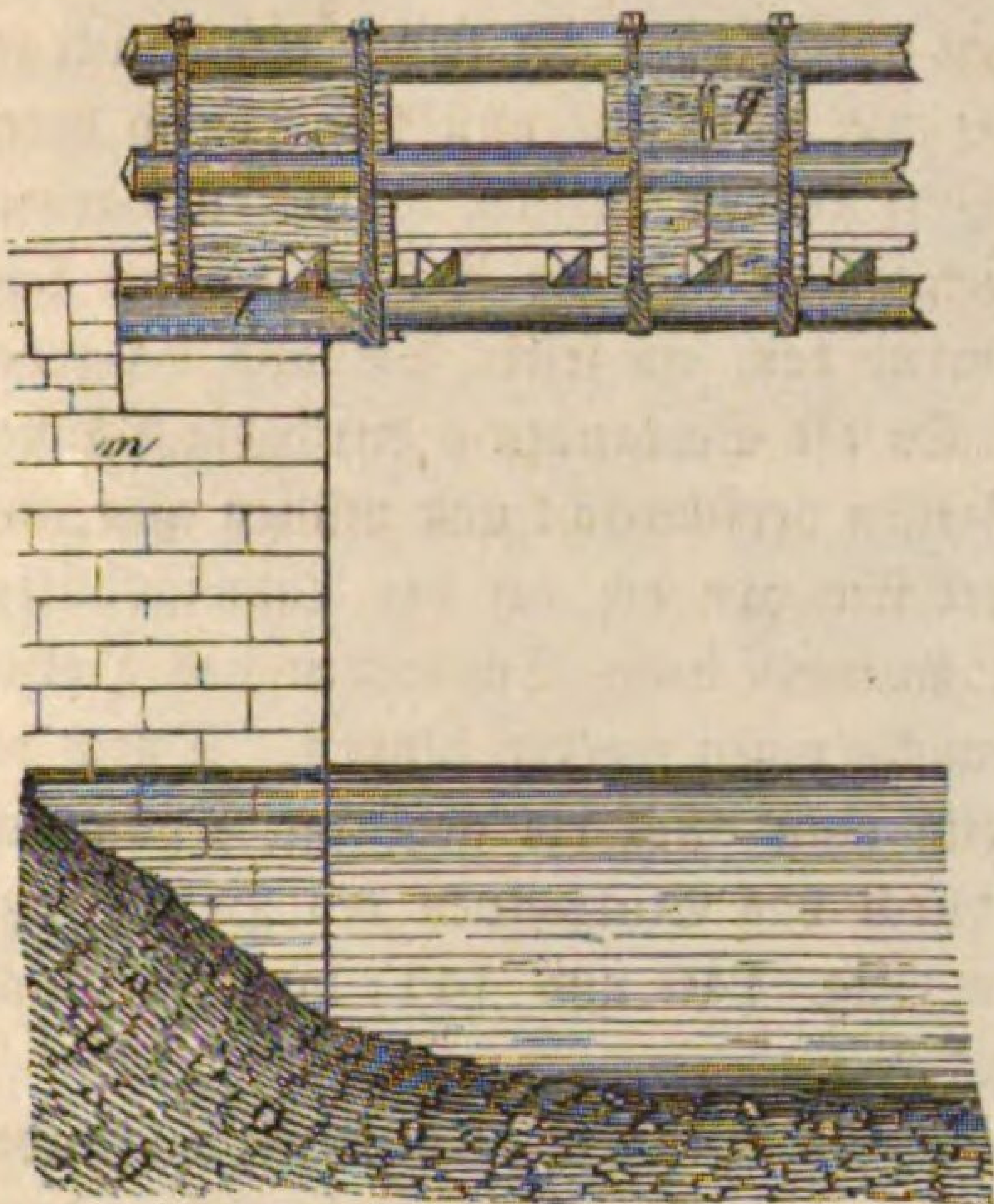


Fig. 138.

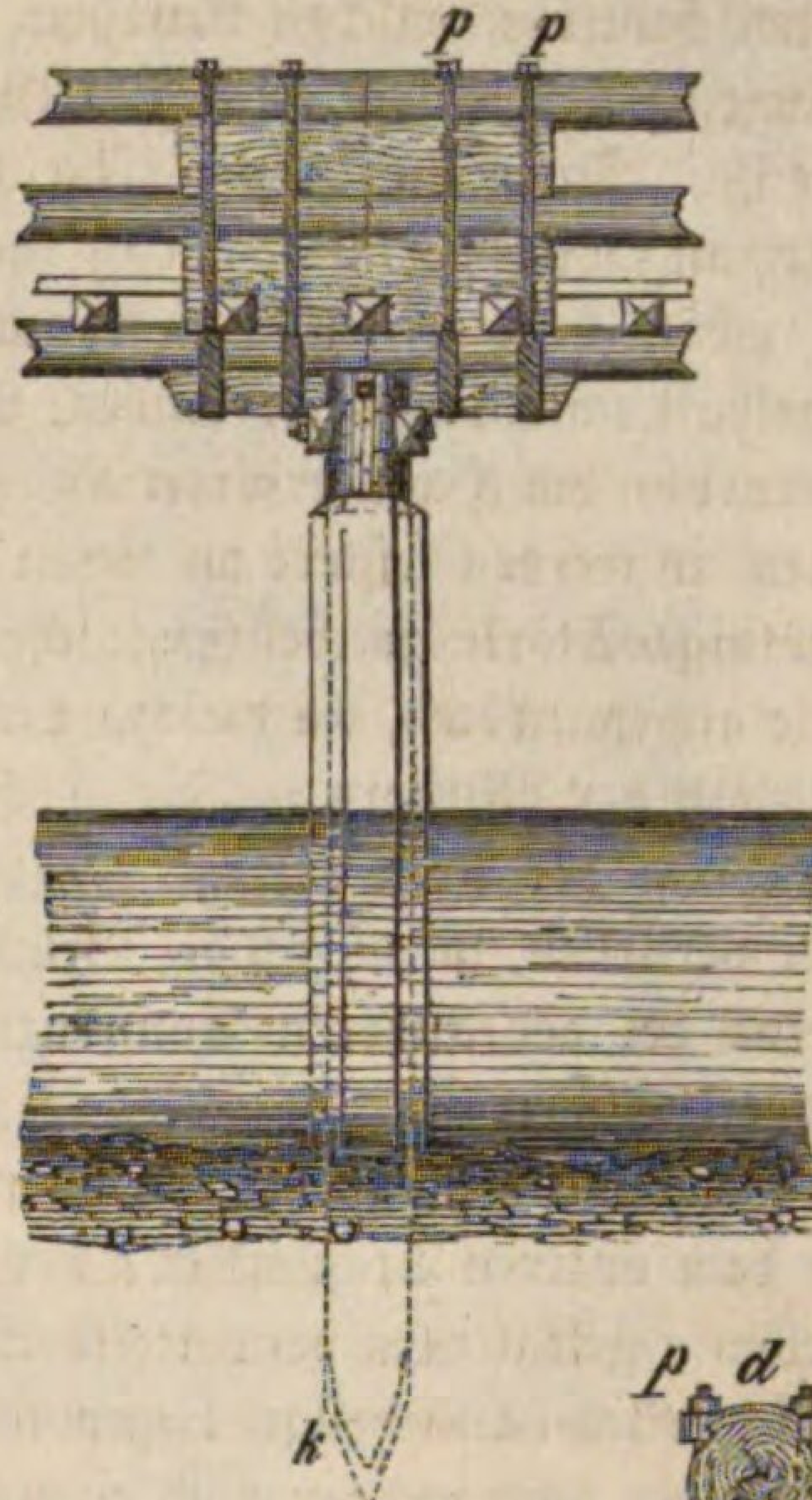
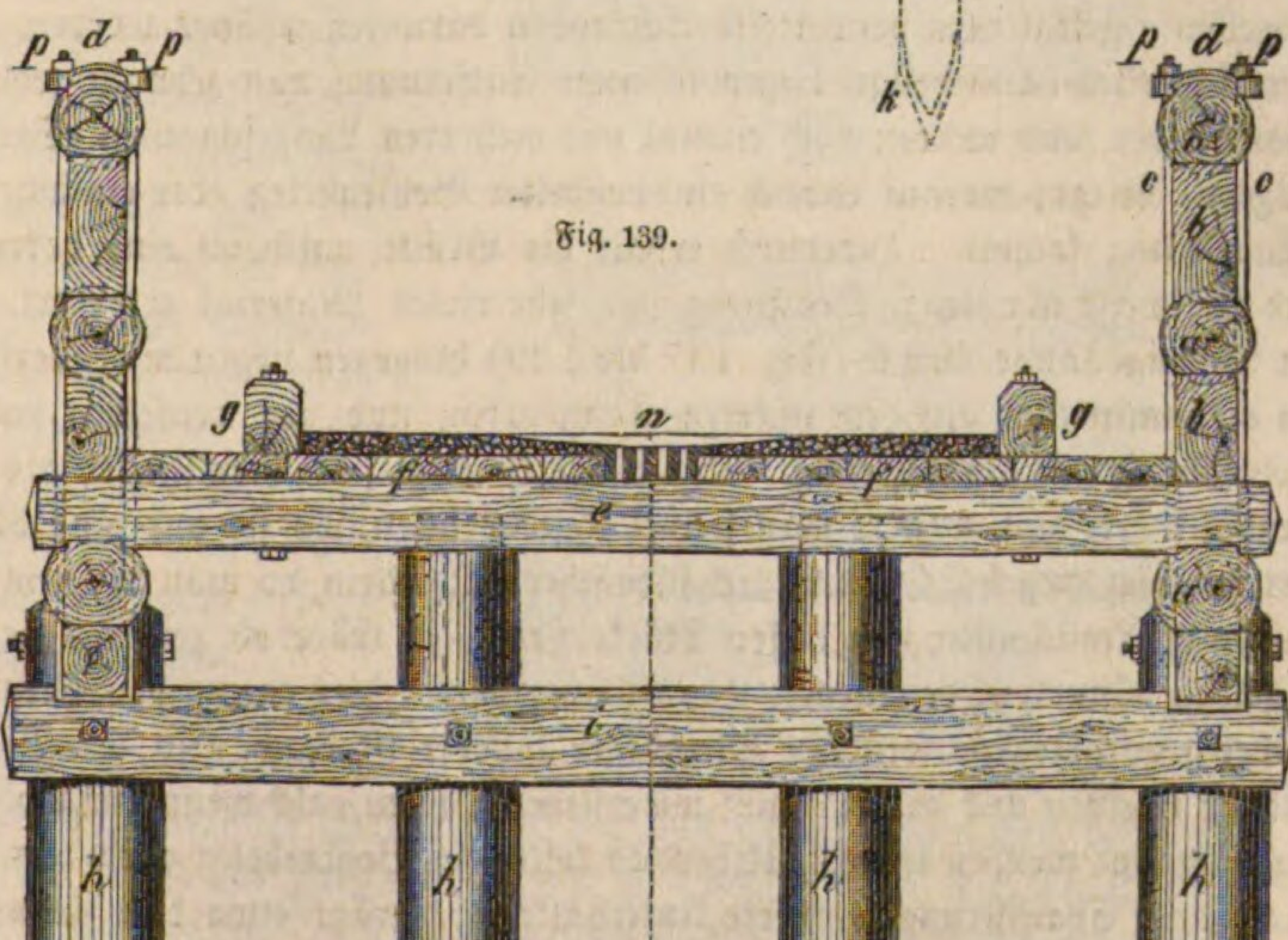


Fig. 139.



kann; bei der Ludwigshütter Brücke (Fig. 137, 138 und 139) hingegen sitzen die Zwischenklötze zwischen Ansätzen, und die Bänder *c* werden mit Muttern fest angezogen, wodurch alles Verschieben und Kippen der Klötze unmöglich gemacht ist. Die Schrauben *o* (Fig. 140 und 141) sind unnöthig; durch deren Beseitigung wird vermieden, daß das Holz an den Stellen, wo sie durchgehen, fault, wodurch sie vielen Spielraum bekommen und die Balken *a* dann sehr mangelhaft miteinander verbinden, während doch ein fester Verband bei jeder Construction ein Haupterforderniß ist. Da die Schrauben *o* durch die Bänder *c* gehen, so werden letztere an diesen Stellen verschwächt und müssen also, um die nöthige Stärke zu besitzen, schwerer sein als die bei der Ludwigshütter Brücke angewendeten, bei welcher die Schrauben beim Schwinden des Holzes vermittelst der Muttern *p* (Fig. 139) nachgezogen werden können. Durch die Anwendung der Keile *q* (Fig. 137) kann man auch die gehörige Spannung wieder herstellen, wenn sich die Brücke durch das Eintrocknen des Holzes setzt, während bei der anderen Construction (Fig. 140 und 141) dies gar nicht zu bewerkstelligen ist.

Gewöhnlich hängt bei den österreichischen Brücken vermittelst Schrauben unter dem unteren Tragbalken *a* der Balken *r*, auf welchen entweder die Querschwellen *e* gelegt oder vermittelst Schrauben darunter gehängt werden. Die Querschwellen (Durchzüge) liegen in einer Entfernung von zehn zu zehn Fuß auseinander, und werden noch einmal mit mehreren Längeschwellen (Straßenträgern) belegt, worauf endlich ein doppelter Bohlenbeleg oder einfacher mit Chaussirung kommt. Hierdurch erhält die Brücke natürlich eine bedeutende und theilweise unnöthige Belastung, die sehr vieles Material erfordert. Bei der Ludwigshütter Brücke (Fig. 137 bis 139) hingegen liegen die Querschwellen *ee* unmittelbar auf dem unteren Tragbalken, und auf denselben ruht der Bohlenbeleg mit Chaussirung. Die Querschwellen sind hier stärker als nothwendig wäre, auch wendet man sie bei Kettenbrücken, wo sie auf eine ähnliche Art wie hier angebracht sind, viel schwächer an; allein da man bei dem Baue durchweg Einstämmer von dieser Stärke hatte, so wäre es zwecklos gewesen, dieselben dünner zu behauen. Chaussirung wurde hier einem doppelten Bohlenbeleg vorgezogen, weil ein Steinlager lockerer ist, und also die Bohlen *f* leichter trocknen und der Fäulniß widerstehen können, als wenn ein Bohlenbeleg aufgelegt worden wäre. Ueberdies kostet ein Bohlenbeleg etwa das Fünffache einer Chaussirung, und die Unterhaltung beträgt etwa das Zehnfache." So weit der Verfasser des Aufsatzes im neunten Jahrgang der Allgemeinen Bauzeitung.

Wenn wir die Construction der Tragwände an der vorbeschriebenen Knüppelbrücke als sehr zweckmäßig anerkennen, so müssen wir dagegen darauf aufmerksam machen, daß die Anwendung der quer gelegten und unmittelbar

auf dem unteren Hauptbalken der Tragwände ruhenden Straßenträger, welche in der vorhergegangenen Beschreibung als Querschwellen bezeichnet sind, nicht als allgemein gült g angenommen werden kann. Diese Brücke hat eine Schotterdecke für ein einfaches Fahrgeleise von 1,5 Mètre Breite zwischen den Kothschwellen *g*, und ist im Ganzen zwischen den Geländern noch nicht ganz 2,5 Mètre breit, so daß also die quer gelegten Straßenträger, welche nur auf 2,5 Mètre Entfernung frei liegen, füglich angewendet werden können. Für Straßenbrücken mit Fahrbahnen für doppeltes Geleise nebst Fußwegen, welche beinahe allgemein eine Breite von 5 Mètre zwischen den Geländern erhalten, werden die Straßenträger parallel mit den Tragwänden gelegt, und in entsprechenden Entfernungen von 3 bis 3,5 Mètre von Durchzügen unterstützt werden müssen, welche an die Tragwände gehängt werden. Bei dem Aufhängen der Durchzüge würde die Anwendung von Eisenbändern, wie wir sie zur Vereinigung der Hauptbalken mit den Zwischenklötzen bei der Ludwigshütter Brücke angewendet gesehen haben, sehr zweckmäßig und den so häufig angewendeten Bolzen, welche durch die Mitte sämmtlicher Hölzer der Tragwand geführt sind, vorzuziehen sein.

Fig. 140.

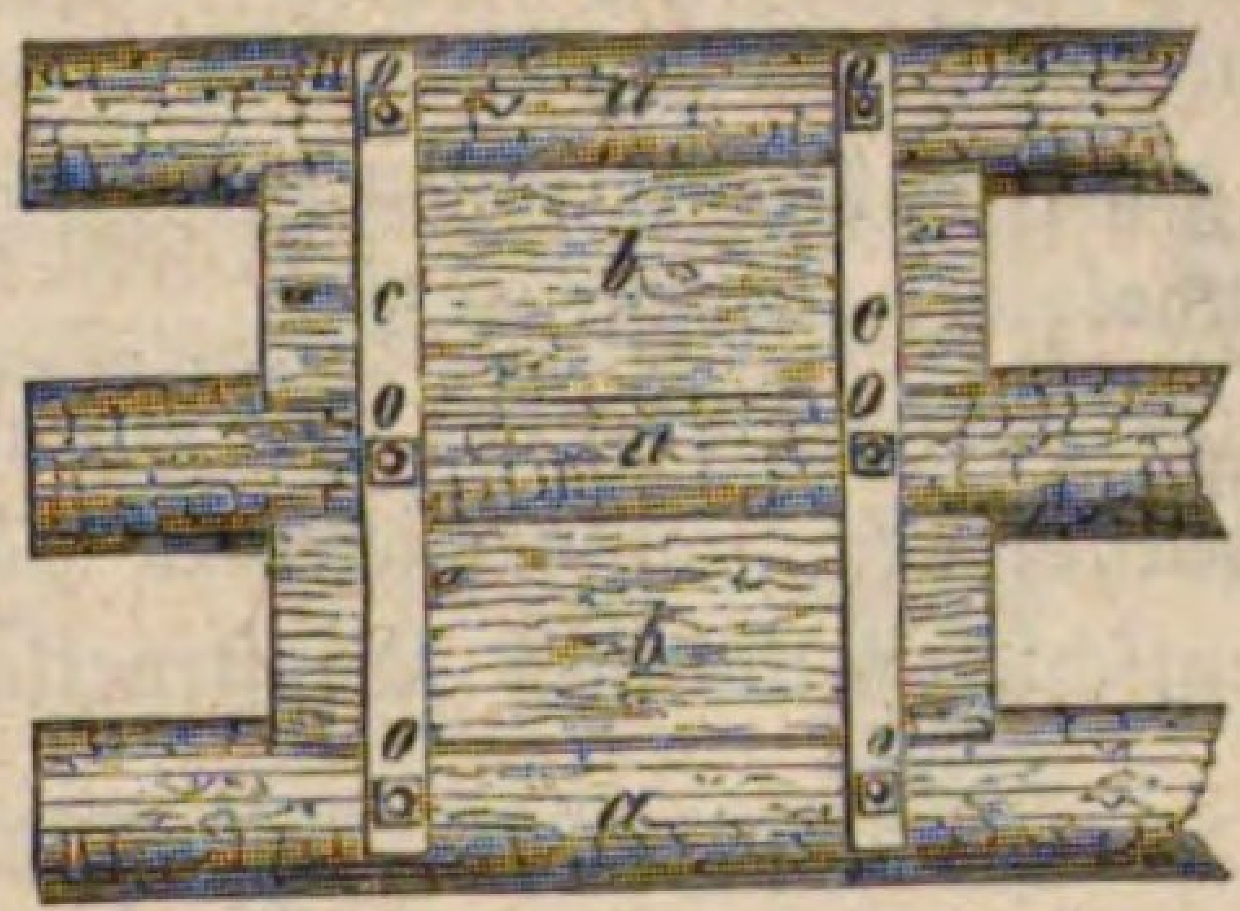
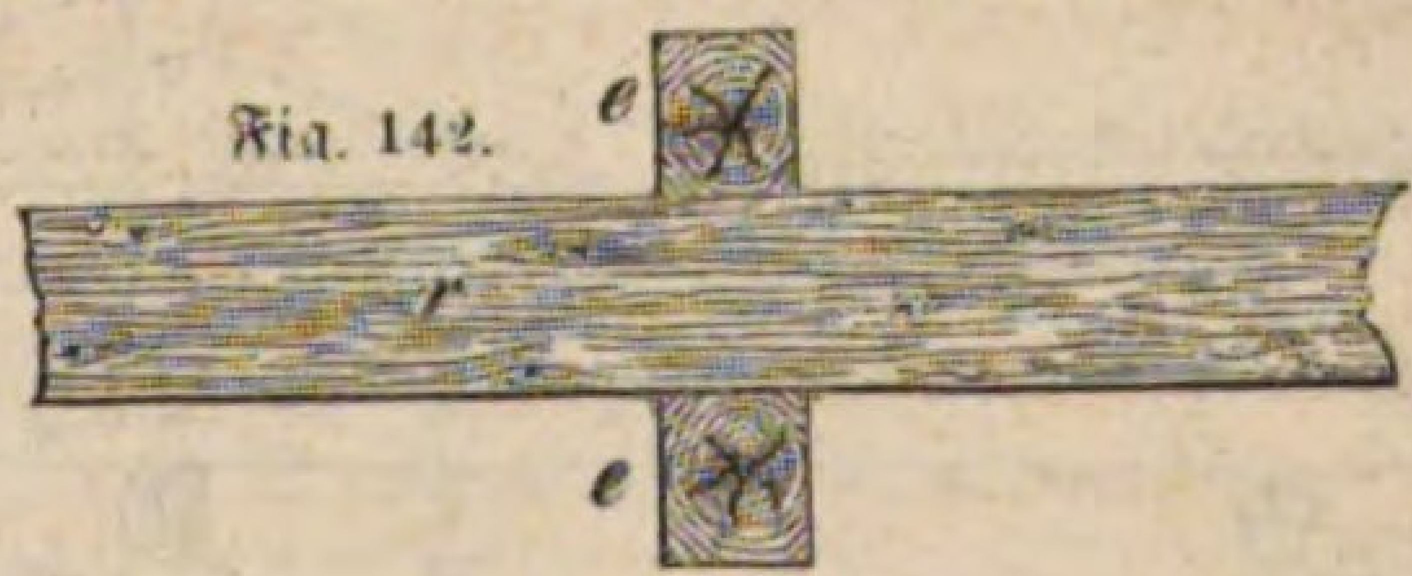


Fig. 141.



Fig. 142.



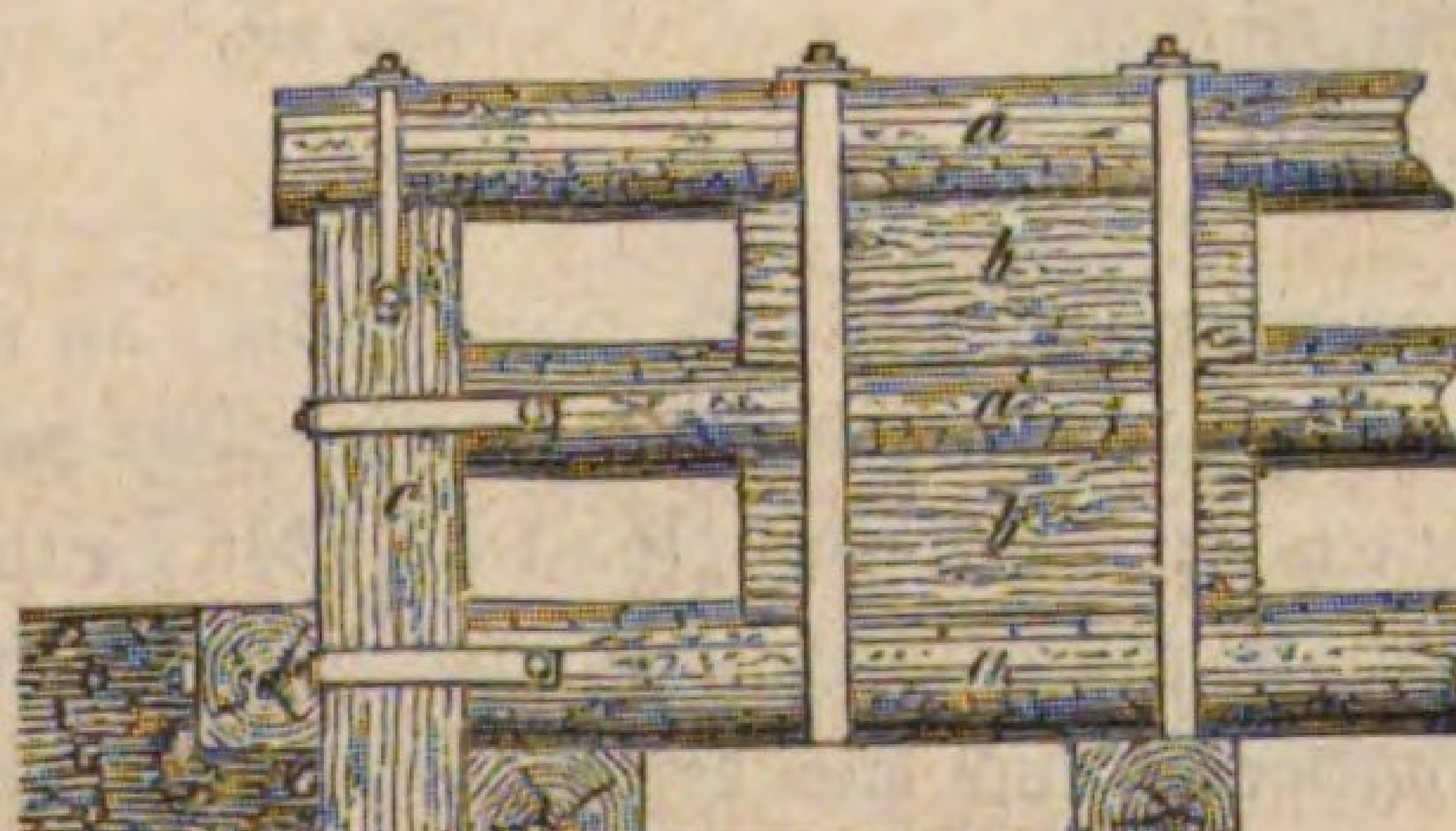


Fig. 143.

Liegt der Construction der Knüppelbrücken der Gedanke zu Grunde, daß durch die Vereinigung der aus ganzen Stämmen bestehenden Hauptbalken *a* mit den Zwischenklötzen *b* zu einem Ganzen die Tragkraft der Tragwände entsprechend der Tragkraft eines natürlichen Balkens von der Breite der Tragwände und der Gesammthöhe derselben angenommen werden könne, wenn die Hauptbalken *a* zwischen den Untersätzen *b* keine Einbiegung erleiden, so liegt nichts näher, als daß man die Tragkraft dieser Wände wesentlich erhöhen, nahezu verdoppeln könnte, indem man sie an ihren Enden fest anspannt.

Gleichwohl ist uns nicht bekannt, daß bei der Ausführung von Knüppelbrücken dieses so wichtige Mittel zur Vermehrung der Tragkraft der Tragwände sowohl, als auch der Straßenträger, Anwendung gefunden hätte.

Nehmen wir an, die Tragwände ruhen an ihren Enden auf Widerlagsmauern, so könnte das feste Anspannen derselben nach Fig. 143 dadurch bewirkt werden, daß unmittelbar hinter der Mauer Ankerpfähle *c* eingeschlagen und an diese die Enden der Hauptbalken *a* vermittelst Eisenbändern befestigt würden. Eine hinter die Ankerpfähle *c* gelegte Grundschwelle *d* könnte einerseits dazu dienen, um die Enden der Straßenträger mit derselben zu verbolzen und dadurch die letzteren anzuspannen, und würde andererseits das einfachste Schutzmittel darbieten gegen das Eindringen der Grundfeuchtigkeit des Straßenkörpers in das Hirnholz der Straßenträger.

Gehen wir zur Betrachtung der aus Streben, Hängesäulen und Spannriegeln oder Gegenstreben zusammengesetzten Hängewerke über, so werden wir, nach der in Deutschland üblichen Constructionsart der Hängewerkbrücken,

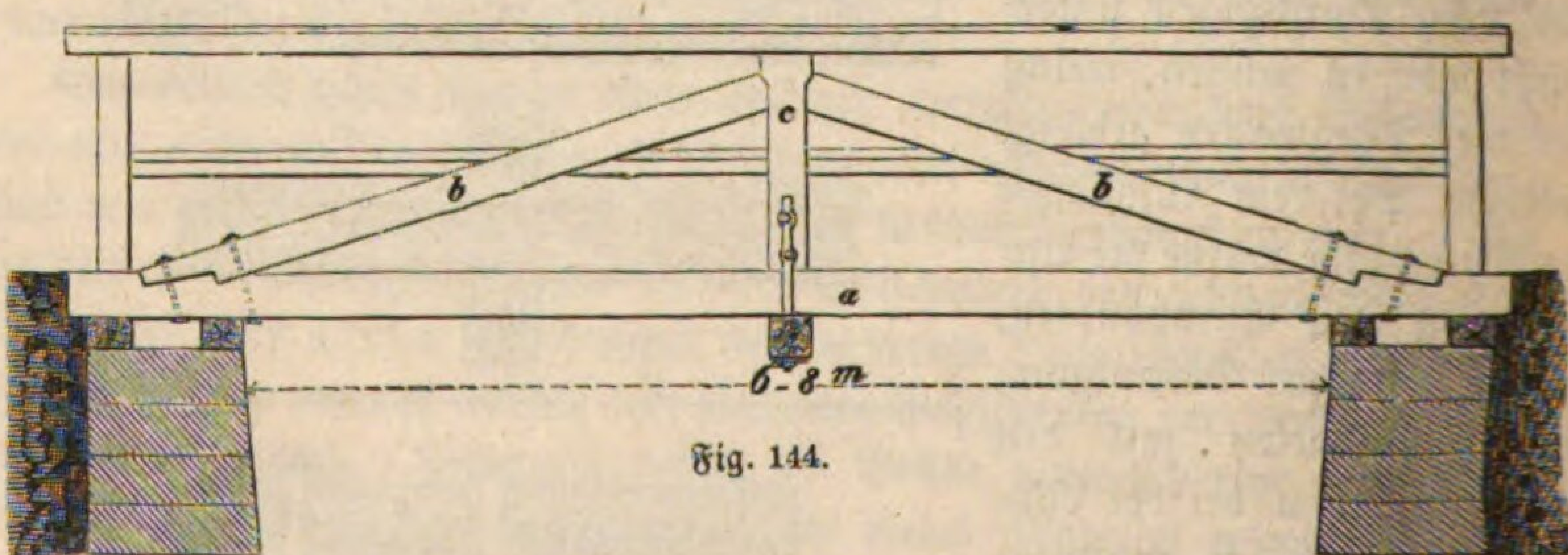


Fig. 144.

welche darin besteht, daß jede Hängesäule, an welche die zur Unterstützung der Straßenträger dienenden Durchzüge befestigt werden, ihre besondere, von dem unterstützten Ende des Hauptbalkens oder Tramens der Tragwand ausgehende Strebe erhält, für Hängewerkbrücken verschiedener Spannweite genöthigt sein, dem Hängewerke auch eine der Spannweite entsprechende Höhe zu geben. Die Höhe ist immer abhängig von dem Winkel, in welchem die Streben mit dem Horizonte gegen die Hängesäulen angesetzt werden, und von der größten Entfernung der aufzuhängenden Säulen. Der kleinste Winkel der Streben gegen den horizontalen Tramen ist allgemein 22° angenommen.

Kleinere Hängewerkbrücken von 6 bis 10 Mètre Spannweite mit einer Hängesäule oder mit zwei Hängesäulen bedürfen keiner größeren Höhe als 1,35 bis 1,5 Mètre, so daß die Hängewerke zugleich als Geländer dienen können.

Betrachten wir in Fig. 144 das einfachste Hängewerk, bei welchem von den unterstützten Enden der Tramen *a* zwei Streben *b* unter dem kleinsten

zulässigen Winkel von 22⁰ gegen die Hängesäule *c*, welche zugleich als Pfosten des 1,35 Mètre hohen Geländers dient, angesetzt sind, so würde bei dieser gegebenen Höhe des Geländers und dem angenommenen geringsten Neigungswinkel der Streben die Spannweite der Brücke höchstens 6 bis 6,5 Mètre betragen können. Bei dieser Spannweite erscheint die einmalige Unterstützung der Straßenträger vermittelst des in der Mitte an die Hängesäule aufgehängten Durchzugs vollkommen ausreichend.

Ohne Ueberschreitung der üblichen Geländerhöhe können Hängewerke mit zwei Hängesäulen für eine Spannweite von 10 bis 12 Mètre hergestellt werden.

Fig. 145.

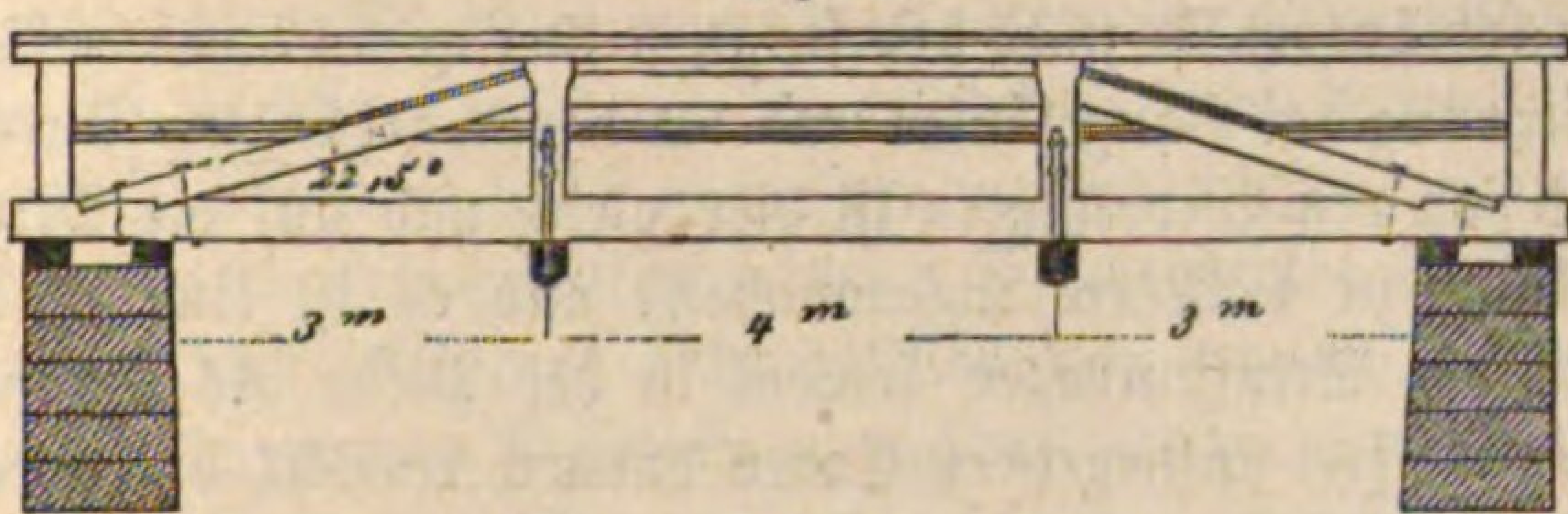


Fig. 146.

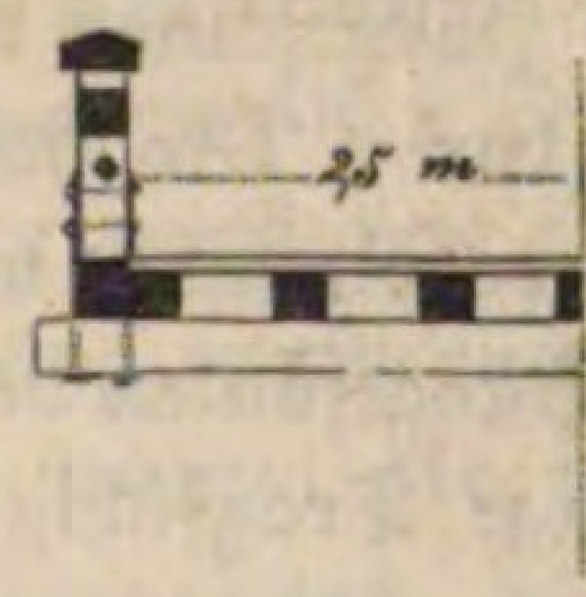
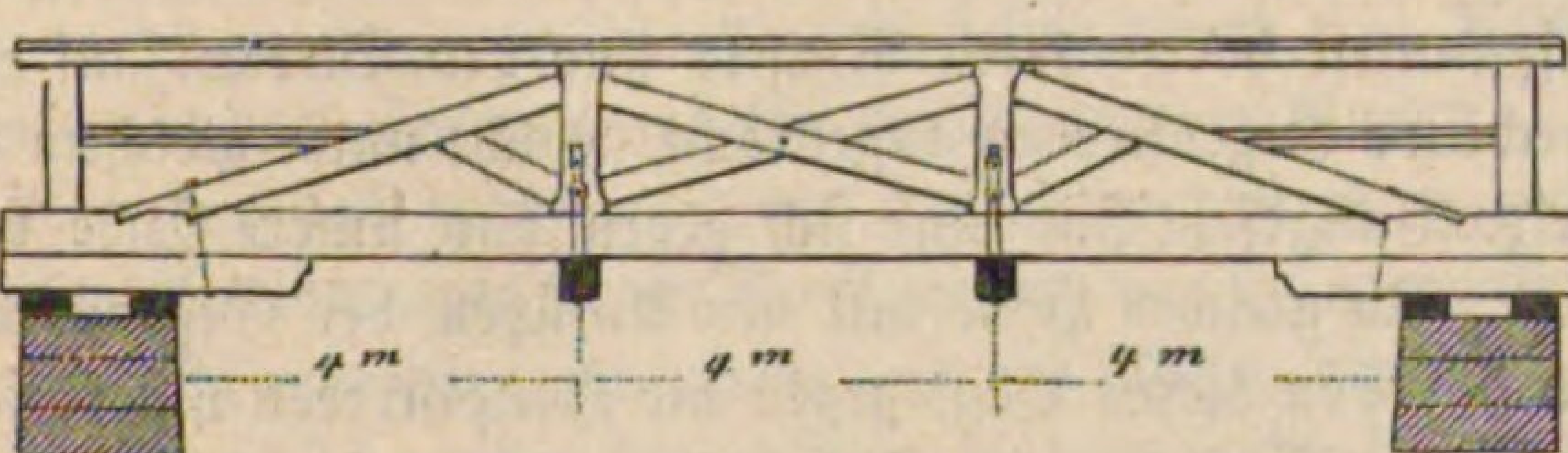


Fig. 147.



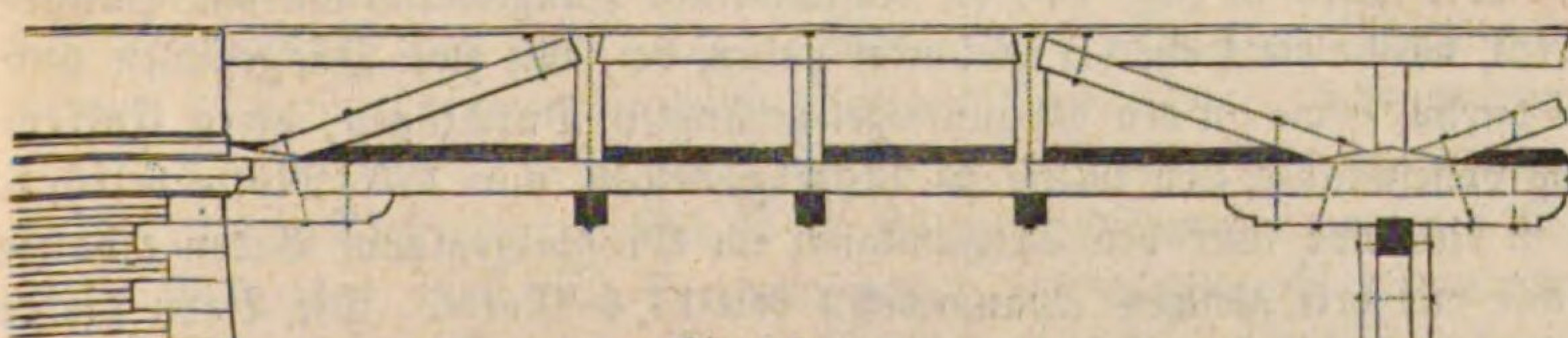


Fig. 148.

Wir geben in Fig. 145 die Ansicht und in Fig. 146 den Querschnitt von der Hälfte einer Hängewerkbrücke von 10 Mètre Spannweite, bei welcher sowohl die Tramen der auf beiden Seiten angebrachten Hängewerke, als auch die Straßenträger unmittelbar auf die Schwellen der Widerlagsmauern gelegt sind. Die Entfernung der Hängesäulen voneinander beträgt von Mitte zu Mitte 4 Mètre, so daß die Entfernung der daran gehängten Durchzüge von den Widerlagsmauern nur 3 Mètre beträgt. Diese ungleiche Entfernung der Unterstützungen für die Straßenträger hat ihren Grund darin, daß die Straßenträger auf die mittlere Länge von 4 Mètre als an beiden Enden fest angespannt, von den Durchzügen aber bis über die Widerlagsmauern auf

3 Mètre Entfernung nur an einer Seite fest angespannt, dagegen auf den Widerlagern nur als frei aufliegend zu betrachten sind.

Da nun die Tragfähigkeit eines an beiden Enden fest angespannten Balkens sich zur Tragfähigkeit eines nur an einem Ende fest angespannten, am anderen Ende aber frei aufliegenden Balkens von gleicher Stärke verhält wie 4 : 3, so muß darnach, sollen die zweimal unterstützten Straßenträger überall eine gleiche Tragfähigkeit haben, dasselbe Verhältniß stattfinden in der Entfernung der Unterstützungen bezüglich der verschiedenen Widerstände, welche die einzelnen Theile der Straßenträger einer gleich großen Belastung entgegensetzen.

Eine Hängewerkbrücke für 12 Mètre Spannweite, deren Hängewerk mit zwei Hängesäulen die Geländerhöhe nicht übersteigt, stellt Fig. 147 in der Ansicht dar. Die Entfernung der Hängesäulen und der daran gehängten Durchzüge voneinander und von den Widerlagern ist hier gleich und auf die Mitte der Hängesäulen bezüglich zu 4 Mètre angenommen, und es ist eine gleichmäßige Tragfähigkeit der Straßenträger sowohl in der Mitte als Spannbalken, als auch gegen die frei aufliegenden Enden dadurch erreicht, daß durch Sattelhölzer die Auflage derselben vermehrt, die ununterstützte Länge dagegen auf 3 Mètre gemindert ist. Statt eines zwischen die oberen Enden der Hängesäulen eingespannten horizontalen Riegels sind den Streben auf der anderen Seite entsprechende Gegenstreben angebracht, welche unter gleichem Winkel gegen den Horizont angesetzt sind und sich gegen das untere Ende der Hängesäulen stützen. In gleicher Höhe mit den Ansätzen der Gegenstreben an den Hängesäulen sind von diesen Büge gegen die Hauptstreben untergesetzt.

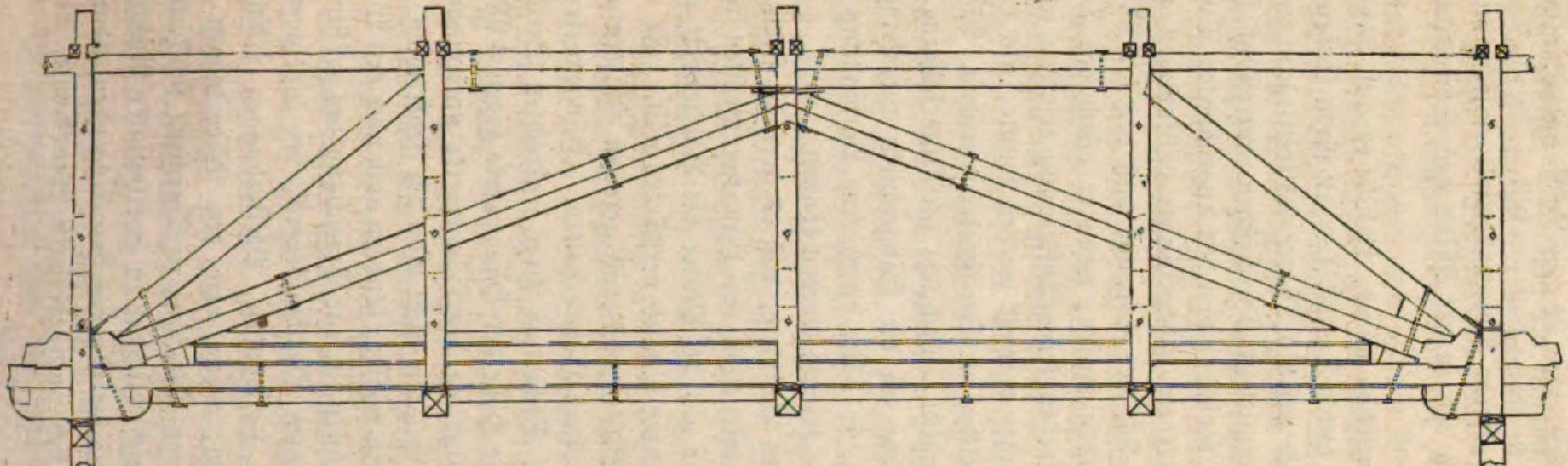
Wir fügen in Fig. 148 die Ansicht einer Hängewerkbrücke mit Hängewerken, welche die Höhe der Geländer haben, bei, mit zwei Hängesäulen und drei daran, sowie an den Spannriegel gehängten Durchzügen, deren Entfernung voneinander, von Mitte zu Mitte gemessen, nur 1,75 Mètre beträgt. Es ist dies eine über den Dreisamkanal im Großherzogthum Baden erbaute Brücke mit drei gleichen Spannweiten von 11,4 Mètre. Die Bahn dieser Brücke ruht auf neun Straßenträgern, von denen die äußersten als Tramen durch Hängewerke mit zwei Hängesäulen verstärkt sind. Die Tramen, sowie die Straßenträger ruhen sowohl bei den Widerlagsmauern, als auch bei den Jochen auf 1,5 Mètre ausladenden Sattelhölzern, so daß der ununterstützte Theil ihrer Enden bis zu den Unterzügen nicht über 1,75 Mètre lang ist. Die Spannriegel von 4,2 Mètre Länge sind zwischen die beiden Hängesäulen an deren äußerstem Ende eingespannt, so daß sie zugleich die Deckschwellen des Geländers bilden, und es sind dieselben in der Mitte durch einen vom Tramen aus untergesetzten Pfosten gegen Einschlagen gesichert. Die Hängewerkstreben von 3,6 Mètre Länge sind $\frac{0,27}{0,24}$ Mètre stark und stemmen sich vom Tramen

aus an gußeiserne Schuhe. Das Aufhängen der drei $\frac{0,36}{0,3}$ Mètre starken Durchzüge ist durch 0,03 Mètre starke eiserne Bolzen bewirkt, welche mitten durch die beiden Hängesäulen und durch den in der Mitte des Spannriegels untergesetzten Pfosten gehen.

Betrachten wir diese Brückenconstruction näher, so fällt es auf, daß auf eine Spannweite von 11,4 Mètre die, durch Sattelhölzer an ihren Enden auf 1,5 Mètre unterstützten, sonach nur noch auf 8,4 Mètre als freiliegend zu betrachtenden Straßenträger dreimal vermittelst Durchzügen unterstützt sind, während eine zweimalige Unterstützung derselben von den angehängten Durchzügen der 4,2 Mètre voneinander entfernten Hängesäulen vollkommen ausreichend erscheinen möchte. Es erklärt sich dies daraus, daß der 4,2 Mètre lange Spannriegel straff angezogen werden mußte, wenn er durch den Druck der gegen die Hängesäulen gesetzten Streben keine Aufbiegung erleiden sollte, und daß dies allerdings nicht vollständiger erreicht werden konnte, als durch das Anhängen von Durchzügen, auf welchen die Straßenträger ruhen. Waren jedoch diese an den Spannriegel gehängten Durchzüge zur Unterstützung der Straßenträger zwischen den unmittelbar an die Hängesäulen aufgehängten Durchzügen nicht geradezu nothwendig, so hätte durch eine Verbindung des Spannriegels mit dem Tramen dasselbe erreicht werden können.

Wir sehen aus dem vorbesprochenen Beispiele, daß es zu nicht streng zu rechtfertigenden Anordnungen in der Construction von Hängewerkbrücken führt, wenn man für Spannweiten von mehr als 10 Mètre die Hängewerke nicht über die Höhe der üblichen Brückengeländer hinaus verstärken will. Es muß bei Spannweiten von mehr als 10 Mètre das aus geraden Hölzern construirte Hängewerk eine entsprechend größere Höhe erhalten. Hängewerke von über 2 Mètre Höhe bedürfen schon zur Sicherung ihrer senkrechten Stellung einer seitlichen Verstrebung. Sobald die Höhe der Hängewerke gegen 4 Mètre und mehr beträgt, muß eine Querverbindung der Hängewerke untereinander hergestellt werden. Da nun hölzerne Brücken nicht blos der senkrechten Belastung entsprechend ausreichend stark sein müssen, sondern auch noch den Windströmungen zu widerstehen haben, so müssen sie, zur Erreichung des größtmöglichen Grades von Steifigkeit des ganzen Brückenkörpers, bei zunehmender Höhe der Hängewerke, entsprechende horizontale Verstrebungen erhalten. Windkreuze unter den Straßenträgern, welche von den Widerlagern und Jochen als ihrer Basis ausgehen und von Durchzug zu Durchzug sich kreuzen, geben der Fahrbahn die nöthige Unverschieblichkeit in horizontaler Richtung, und bei hohen Hängewerken mit horizontaler Querverspannung oben, namentlich bei überdeckten Brücken, befinden sich auch oberhalb Windkreuze, welche über die Querbalken hinweggreifen.

Fig. 149.



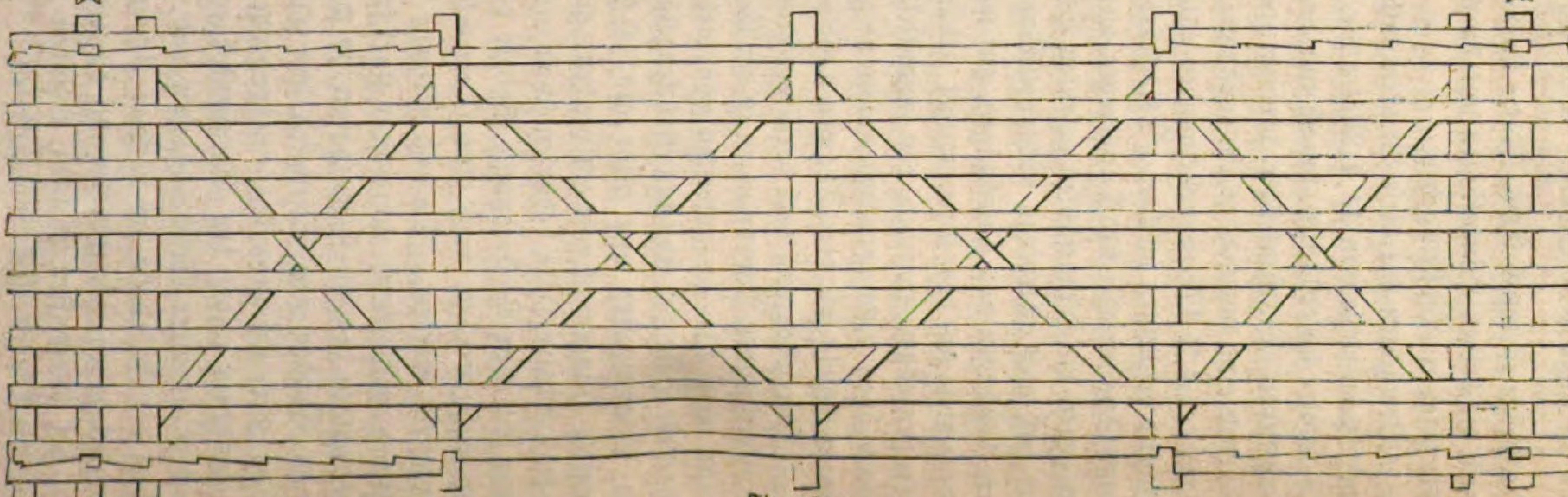
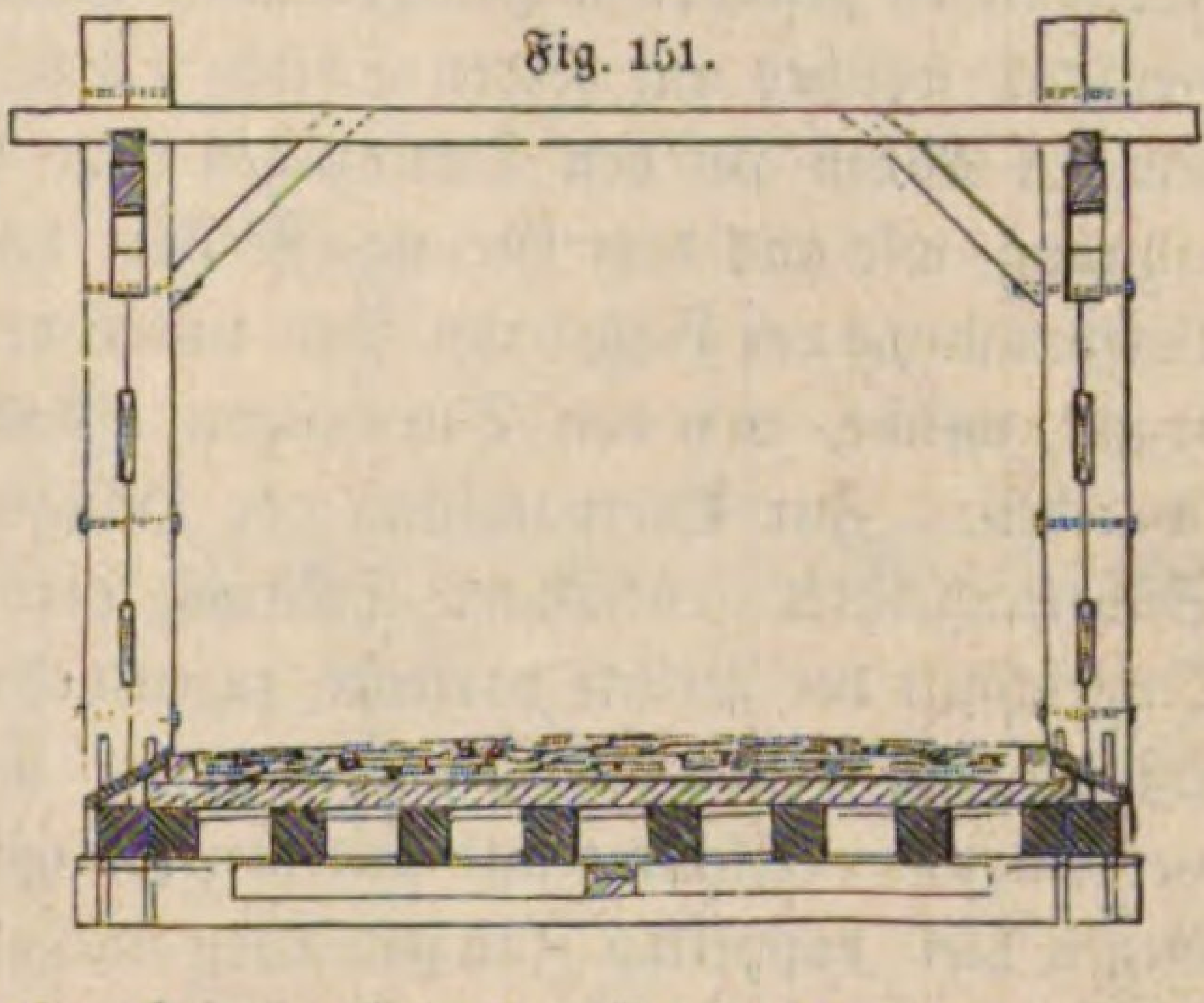


Fig. 150.

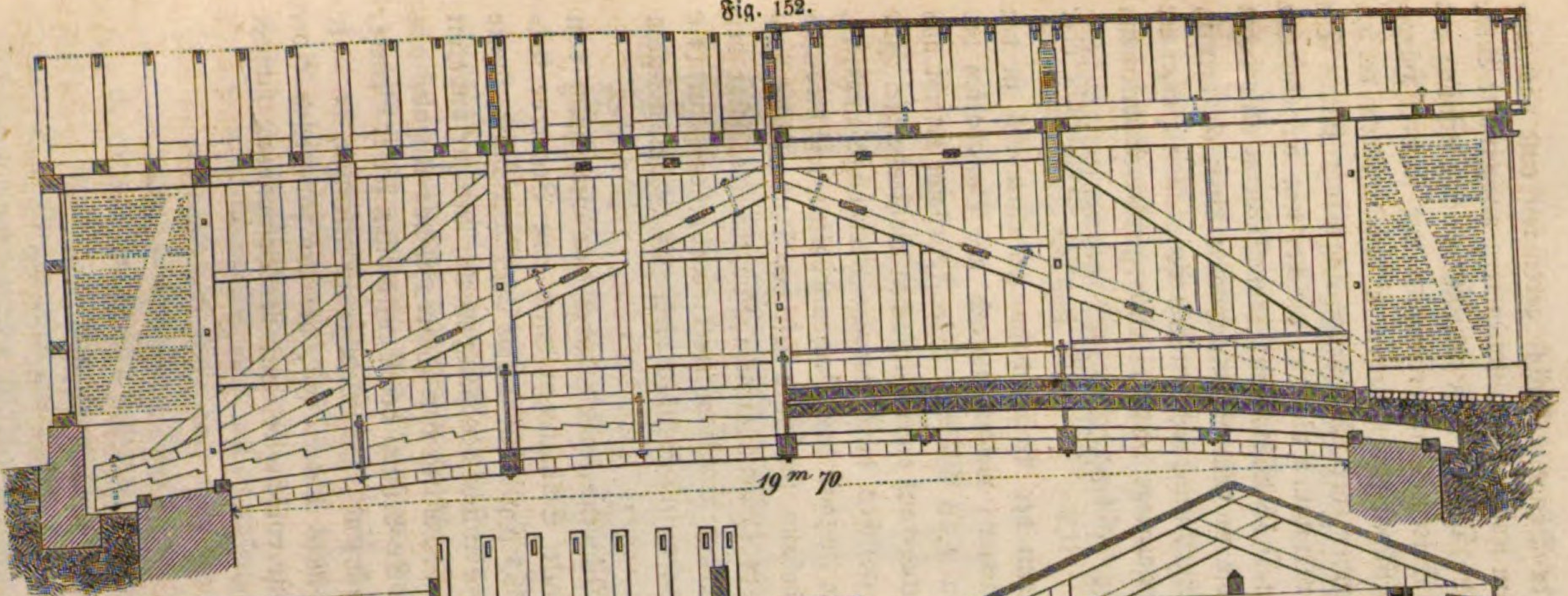
Eine Hängewerkbrücke mit Hängewerken, deren Höhe bestimmt wurde durch den geringsten Neigungswinkel derjenigen Streben, welche von ihrem Ansatze auf dem unterstützten Tramen gegen die entfernteste Hängesäule geführt sind, geben wir in den Fig. 149, 150 und 151. Es ist dies die im Jahre 1831 vom Baurath Etzel erbaute Nothbrücke über den Neckar bei Cannstadt, von dem Erbauer im fünften Jahrgang der „Allgemeinen Bauzeitung“ mitgetheilt und beschrieben. Die Spannweite beträgt 20,5 Mètre, so daß die Entfernung der in gleichen Abständen voneinander und von die Tramenenden unterstützenden Jochen angebrachten 3 Hängesäulen 5 Mètre ist. Diese außergewöhnliche große Entfernung der Hängesäulen und der an diese angehängten Durchzüge hat ihren Grund in der bei Nothbrücken allgemein zur Anwendung kommenden Sparsamkeit, welche bei dieser Brücke hauptsächlich darin bestand, daß zu allen Hauptconstructionstheilen nur Nadelhölzer verwendet wurden. Bei der Anwendung von Eichenholz hätten fünf Hängesäulen angebracht werden müssen, indem die Entfernung der zur Unterstützung eichener Straßenträger dienenden Durchzüge voneinander nicht leicht über 3,5 Mètre betragen darf. Die Hängesäulen sind doppelte, miteinander dreimal verbolzt und statt der sonst üblichen Verzahnung ineinandergreifend, zwischen den Bolzen vermittelst doppelter Keile *b* aus Eichenholz verdübelt. Die unter dem geringsten Winkel gegen die mittlere Hängesäule geführten langen Streben sind doppelt, zweimal miteinander verbolzt und sitzen an ihrem unteren Ende rechtwinkelig gegen einen über den Tramen gelegten Schuh von Eichenholz, während sie an ihrem oberen Ende mit ebenfalls rechtwinkeligem Schnitt für jede einzelne Strebe in entsprechende Versatzungen der Hängesäule eingreifen. Die gegen die äußeren Hängesäulen unter einem Winkel von nahe 45° geführten kurzen Streben sind einfach, sitzen an ihrem unteren Ende auf dem mit den doppelten Streben gemeinsamen Schuh von Eichenholz, und an ihrem oberen Ende in einer stumpfwinkeligen Versetzung der Hängesäule an. Diesen äußeren einfachen Streben ist ein einfacher Spannriegel in der Höhe ihres Ansatzes an den Hängesäulen entgegengesetzt, welcher durch die mittlere Hängesäule geht und die nöthige Verstärkung gegen das Einbiegen durch eine darüber gelegte Pfette erhält, welche auf die ganze Länge der aus fünf Hängewerken bestehenden Brücke geführt ist, und von den darüber hinaus verlängerten doppelten Hängesäulen

Fig. 151.



umschlossen wird. Zwischen den, durch seine Verbindung durch Bolzen mit der Pfette verdoppelten Spannriegel und die unmittelbar darunter angesetzten doppelten Streben der mittleren Hängesäulen sind eichene Bohlenstücke gelegt, gegen welche die oberen Enden dieser Streben vermittelst zweier Eisenbolzen, auf beiden Seiten der Hängesäule angebracht, gepreßt und mit den doppelten Spannriegeln verbunden werden. Die Streben sind an ihren unteren Enden durch Eisenbolzen untereinander und mit den Tramen verbunden. Die Tramen ruhen an ihren Enden nicht unmittelbar auf dem Holm der Jochwände, haben vielmehr zur Vermehrung ihrer Auflage Sattelhölzer von geringer Ausladung, deren Länge gleich ist der Länge der darüber auf den Tramen angebrachten Eichenholzschuhe, gegen welche die Streben der Hängewerke ansitzen. Diese Sattelhölzer sind für die Hängewerke doppelt nebeneinander gelegte, während sie für die Straßenträger der Fahrbahn einfache sind. Auf diesen doppelten Sattelhölzern sind auch die Tramen doppelte, indem die über den Jochwänden gestoßenen Haupttramen durch ein nach außen vorgelegtes Tramenstück, welches auf beiden Seiten bis zu den ersten Hängesäulen reicht und mit den Enden auf den Durchzügen ruht, verstärkt und mit diesem durch Verzahnung, wie aus dem Grundrisse Fig. 150 zu ersehen, verbunden sind. Zur Verspannung der Fahrbahn sind unter den Straßenträgern Kreuzbüge angebracht, welche, von den Durchzügen als Basis ausgehend, sich rechtwinkelig schneiden. Zur Verspannung der Hängewerkswände untereinander und zur Sicherung ihrer senkrechten Stellung dienen, wie aus Fig. 151, welche den Querschnitt der Brücke darstellt, zu entnehmen, doppelte Querzangen an jeder Hängesäule, welche mit den Pfetten der miteinander zu verbindenden Hängewerkswände verkämmt und mit den Hängesäulen überblattet und verbolzt sind. Gegen diese doppelten Zangenbalken sind auf der inneren Seite von den Hängesäulen aus einfache Büge gesetzt, welche an ihrem unteren Ende mit den Hängesäulen verbolzt sind, während das obere Ende derselben von den doppelten Zangenbalken umschlossen und mit diesen verbolzt ist. Diese sehr zweckmäßige Verspannung der die Fahrbahn auf beiden Seiten abschließenden Hängewerkswände, sowie die Anordnung der Straßenträger und die Verbindung der Durchzüge mit den Hängesäulen ist in Fig. 151 in so großem Maaßstabe gezeichnet, daß eine nähere Beschreibung überflüssig erscheint. Erwähnt sei noch, daß diese im Jahre 1831 erbaute Nothbrücke bis zum Jahre 1838 schon so weit durch Fäulniß in ihren aus Tannenholz bestehenden Constructionstheilen zerstört war, daß sie abgetragen werden mußte; wir verweisen auf die interessanten Mittheilungen des Erbauers derselben über die Aufnahme ihres Zustandes vor dem Abbruche und die verschiedenen Veränderungen während der Zeit ihres Bestehens, welche der genannte Aufsatz im fünften Jahrgange der „Allgemeinen Bauzeitung" enthält.

Fig. 152.



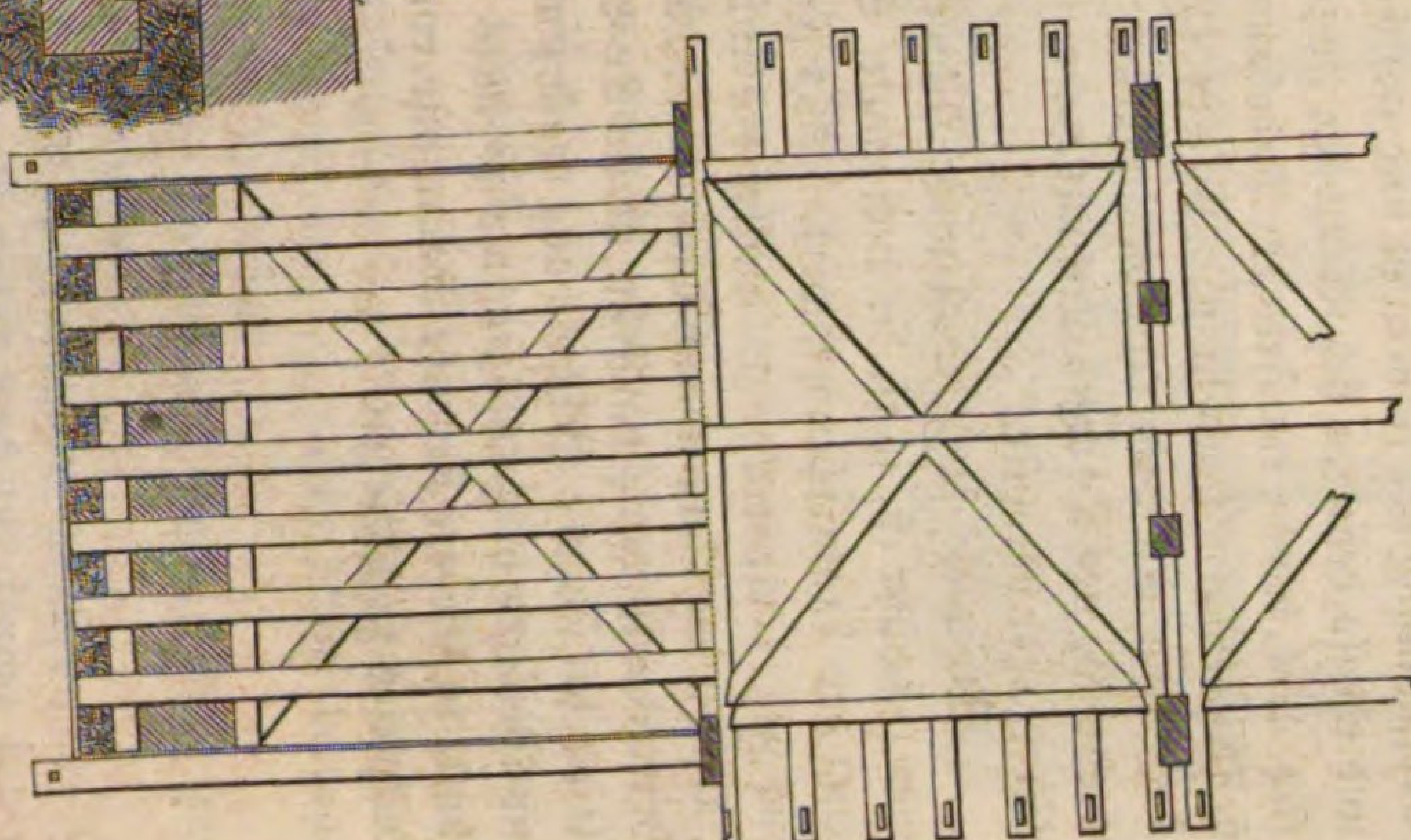


Fig. 153.

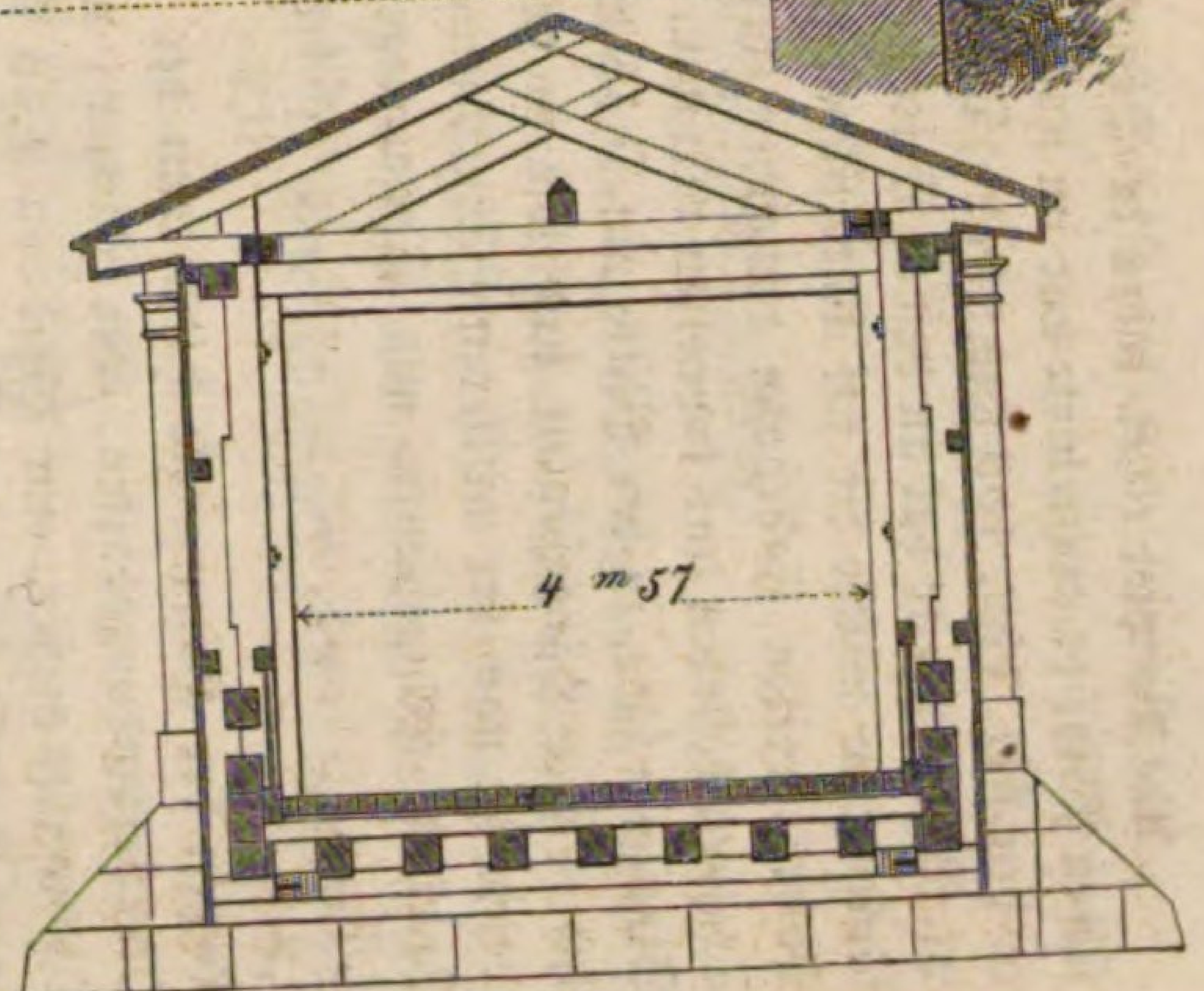


Fig. 154.

Als Beispiel einer bedeckten Hängewerkbrücke geben wir eine nach demselben Principe construirte und im Königreich Württemberg ausgeführte Brücke in den Fig. 152, 153 und 154. Diese Brücke mit nur einer Oeffnung von 21 Mètre Weite hat an beiden Seiten Hängewerkrippen mit je drei Hängesäulen, an welche die zur Unterstützung von sieben Straßenträgern der 5,4 Mètre breiten Fahrbahn dienenden drei Durchzüge angehängt sind. Die Tramen bestehen aus doppelten verzahnten Balken, welche, wie die einfachen Straßenträger, in der Mitte um 0,45 Mètre nach einer Curve aufgebogen sind. Die Hängesäulen sind wie in dem vorhergehenden Beispiele doppelt, ebenso die nach der mittleren Hängesäule geführten Streben. Die Hölzer der Streben, Hängesäulen und Spannriegel haben eine gleiche Stärke von $\frac{0,3}{0,3}$ Mètre. Die Durchzüge sind $\frac{0,42}{0,3}$ Mètre stark. Die Tragwände oder Rippen der Hängewerke haben von der Brückenbahn gemessen bis zu den Querverbindungsbalken oder Zangen, welche zugleich als Bundbalken des Dachwerkes dienen, eine Höhe von 4,56 Mètre. Die Fahrbahn besteht aus einem Holzpflaster mit Lehmunterlage auf einem einfachen Bohlenbelege. Zur Verspannung der Fahrbahn sind zwischen die Unterzüge Kreuzbüge eingesetzt, und ebenso befinden sich Kreuzbüge zwischen den Dachbundbalken, wie dies aus Fig. 154, welche ein Feld der Fahrbahn, sowie ein Feld des Dachgebälkes darstellt, ersehen werden kann. An den Kreuzungsstellen sind die Kreuzbüge der Fahrbahn mit dem darüber liegenden Straßenträger, und ebenso sind die Kreuzbüge des Dachgebälkes mit einem in der Mitte über das Gebälk gelegten Längeriegel verbolzt.

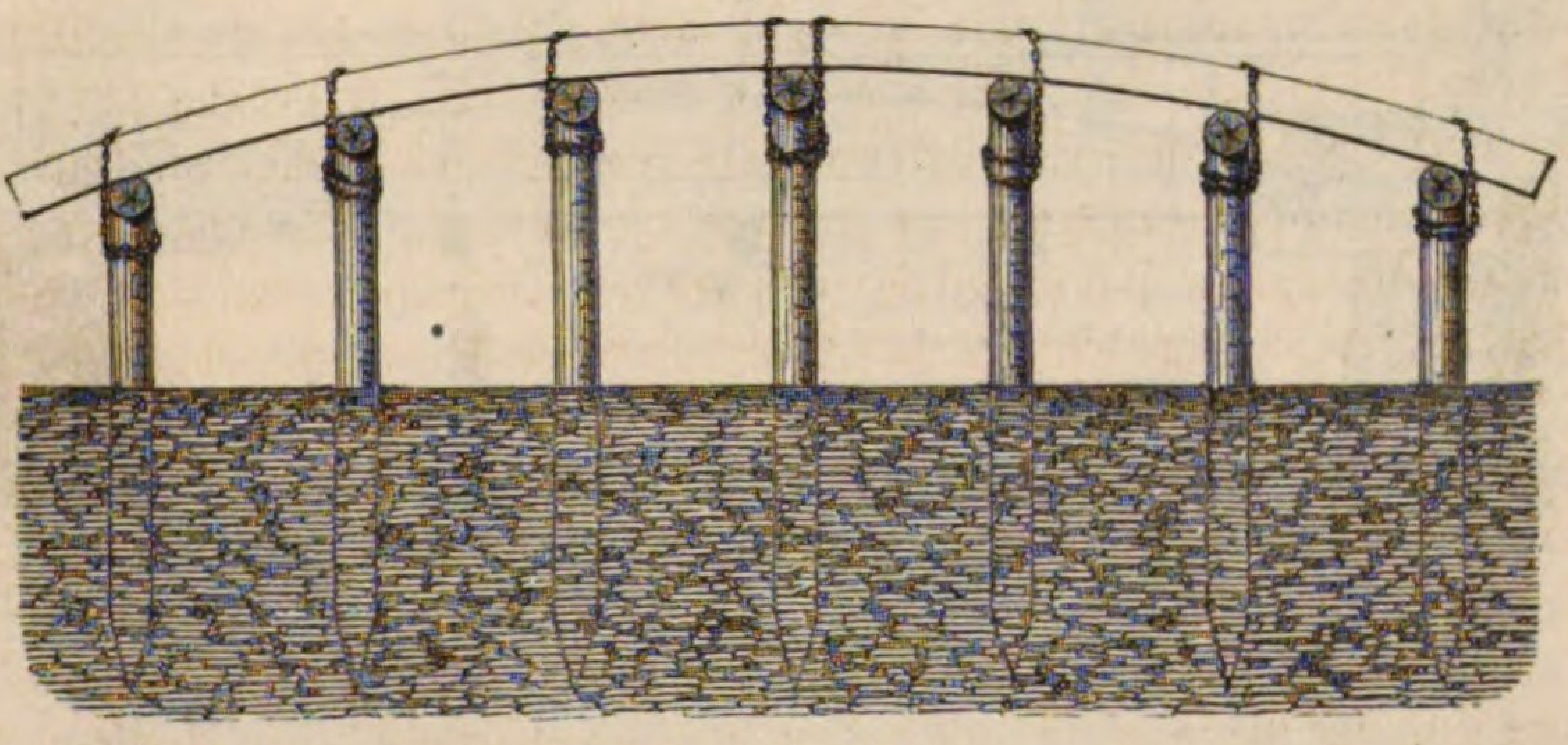
Wie diese solid construirte Hängewerkbrücke durch eine Bedachung von oben geschützt ist, so ist sie auch gegen Schlagregen durch eine Bretterverkleidung der Tragrippen gesichert. Aus Fig. 153, welche den Querschnitt, sowie aus Fig. 152, welche zur Hälfte die Ansicht des Hängewerks, und zur anderen Hälfte einen Längendurchschnitt in der Mitte der Fahrbahn mit Angabe der Bretterverkleidung darstellt, ist die Anordnung der Construction dieser Brücke, die vorhergehende Beschreibung ergänzend, zur Genüge zu erkennen, so daß wir Weiteres hinzuzufügen um so mehr unterlassen, als der für diesen Abschnitt zu Gebote stehende Raum uns vorschreibt, mit der Besprechung dieses Beispieles zu schließen.

Sechster Abschnitt.

Von den Bogenhängewerkbrücken.

Die große Tragfähigkeit gebogener und an ihren Enden fest angesetzter oder angespannter Hölzer, welche nahe die siebenfache eines geraden Balkens von gleichem Querschnitte ist, hat beim Brückenbau schon sehr frühe zur Construction von Hängewerken geführt, bei welchen man gekrümmte Hölzer in Verbindung mit geraden Hölzern anwendete, wie dies bei den älteren Holzbrücken in der Schweiz der Fall ist.

Fig. 155.



Wiebeking hat ausführliche Versuche über das Krümmen von kantig bearbeiteten Balken angestellt, und wir entnehmen den Resultaten folgendes:

a. Grünes Holz läßt sich stärker biegen als trockenes.

b. Wenn zwei oder drei Balken aufeinander gelegt und miteinander vereinigt gekrümmt werden, so ist dazu das Doppelte oder Dreifache der Druckkraft erforderlich, sie nehmen dagegen eine stärkere Krümmung an als einfache Balken.

c. Das Krummbiegen von Tannenholz kann $^1/_{25}$ seiner Länge, das Krummbiegen von Eichenholz darf jedoch nur $^1/_{40}$ seiner Länge betragen, wenn es durch das Biegen nicht leiden soll.

d. Gekrümmte Balken sollen mindestens zwei Monate lang in ihrer Form erhalten werden, bevor man sie anwendet.

Das Biegen wird auf einem Gerüste vorgenommen, welches nach Fig. 155 aus eingerammten Pfählen besteht, auf welche nach der Curve der mit

den Hölzern vorzunehmenden Biegung Rundbalken aufgezapft und mit den Pfählen verbolzt werden. Der unmittelbar über die Pfahlreihe gelegte gerade Balken wird in der Mitte vermittelst Ketten mit dem höchsten Pfahle befestigt, und wenn dies geschehen, wird durch Abwärtsziehen auf beiden Seiten, welches entweder durch mehrere Arbeiter vermittelst Heben geschieht, womit sie die auf beiden Seiten um den Balken und die dem Mittelpfahle zunächst gelegenen Pfähle geschlungenen Ketten durch Umdrehen fester anziehen, oder indem man dazu Erdwinden aufstellt, der Balken nach und nach gekrümmt. Zur Beförderung des Biegens wird unter den zu biegenden Theilen des Balkens ein gelindes Feuer unterhalten, und es wird, solange der untere Theil erwärmt wird, die obere Fläche mit Wasser begossen. Ist der Balken bis auf die Kronschwellen der dem Mittelpfahle zunächst stehenden Gerüstpfähle herabgebogen, so wird derselbe vermittelst der darüber gelegten und um die Pfähle geschlun-

Fig. 156.

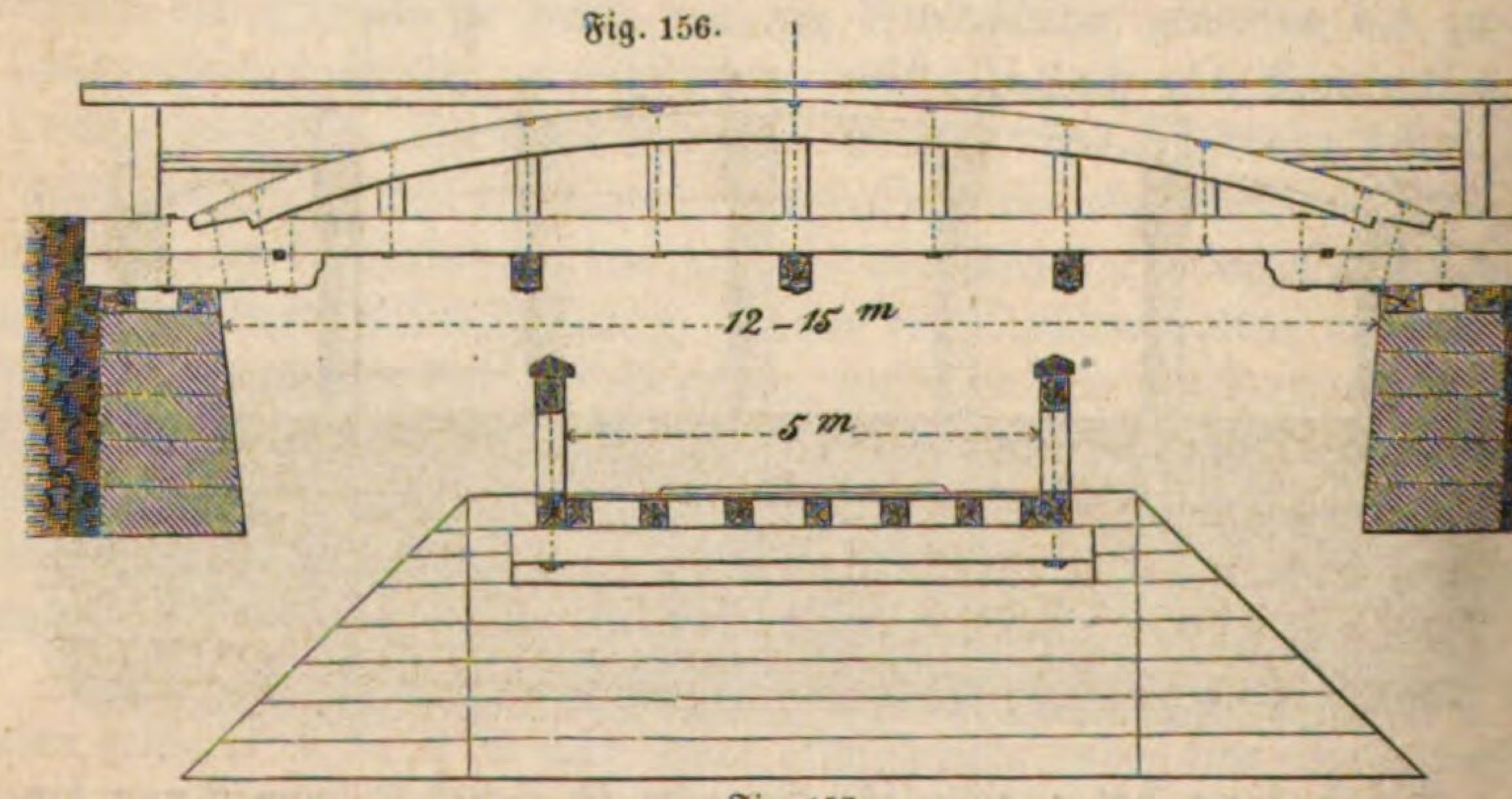


Fig. 157.

genen Ketten an die letzteren befestigt. Auf gleiche Weise wird nun auf beiden Seiten nach Außen mit dem Abwärtsbiegen fortgefahren, bis die Balkenenden auf die äußersten Gerüstschwellen herabgebogen und an die darunter befindlichen Pfähle befestigt sind. Es ergiebt sich aus dem vorbeschriebenen Verfahren, daß das Gerüste so viel Pfahlreihen enthalten muß, als gleichzeitig Balken gekrümmt werden sollen, indem, wie bereits erwähnt, die gekrümmten Balken mindestens zwei Monate auf dem Gerüste in ihrer Form erhalten werden müssen.

Eine einfache Bogenhängewerkbrücke für Spannweiten von 12 bis 15 Mètre, bei welcher die äußersten Tramen auf beiden Seiten ihre Verstärkung durch einen einfachen gekrümmten Balken erhalten, stellt Fig. 156 in der Ansicht und Fig. 157 im Querschnitte dar. Zur Verstärkung der einfachen Tramen an ihren Enden sind Sattelhölzer angeordnet, mit welchen die Tramen

sowohl, als auch die an ihren Enden mit Versetzung in die Tramen befestigten gekrümmten Balken oder Bogen verbolzt sind. In der Mitte und von da alle 1,5 bis 1,75 Mètre sind zwischen den Bogen und den Tramen kurze Pfosten senkrecht untergesetzt. Durch den Bogen, die Pfosten und den Tramen gehen eiserne Bolzen zur Vereinigung dieser Theile zu einem unveränderlichen Ganzen, und in der Mitte, sowie auf beiden Seiten durch die zweiten Pfosten, gehen die Bolzen verlängert abwärts durch die Unterzüge und dienen zugleich als Hängeeisen. Die Brückenbahn besteht aus einem doppelten Bohlenbeleg

Fig. 158.

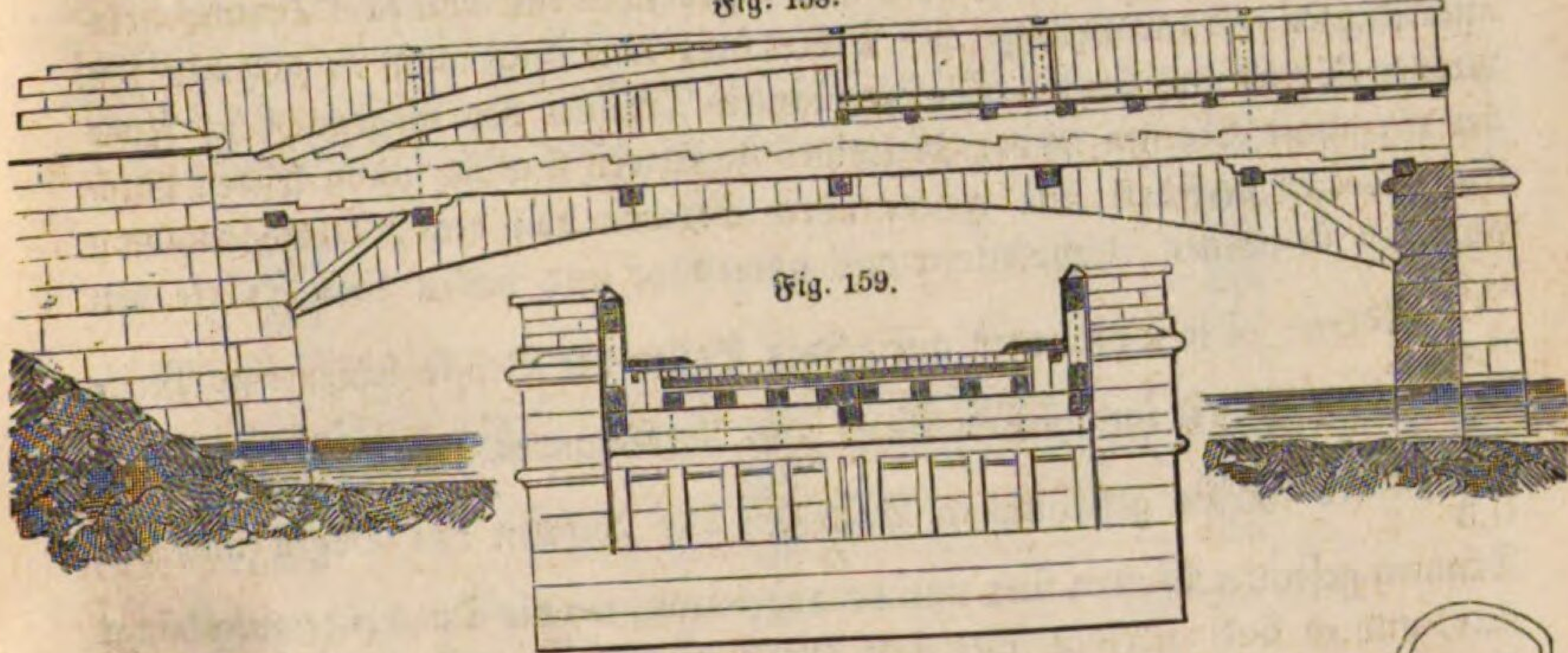


Fig. 159.

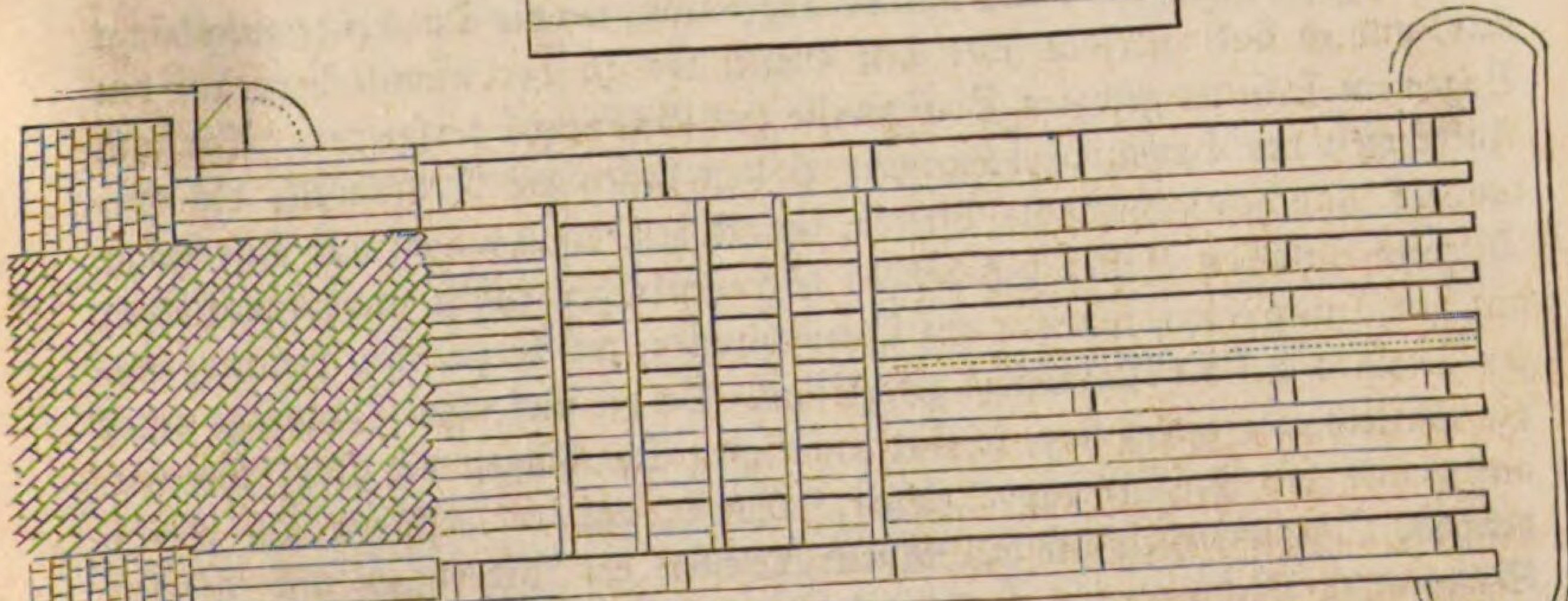


Fig. 160.

und ruht auf Straßenträgern, welche an ihren Enden auf den Widerlagern durch Sattelhölzer verstärkt sind und eine dreimalige Unterstützung durch die an die Bogenrippen aufgehängten Unterzüge erhalten.

Bogenhängewerke von größerer Spannweite bis zu 26 Mètre, bei welchen die Tramen aus doppelten verzahnten Balken und die Bogen aus doppelt aufeinander gelegten gekrümmten Balken bestehen, wurden, nach vorhergegangenen ähnlichen Constructionen von Wiebeking, in Bayern mehrfach ausgeführt, und es sind dieselben unter dem Namen der nach dem Erbauer bezeich-

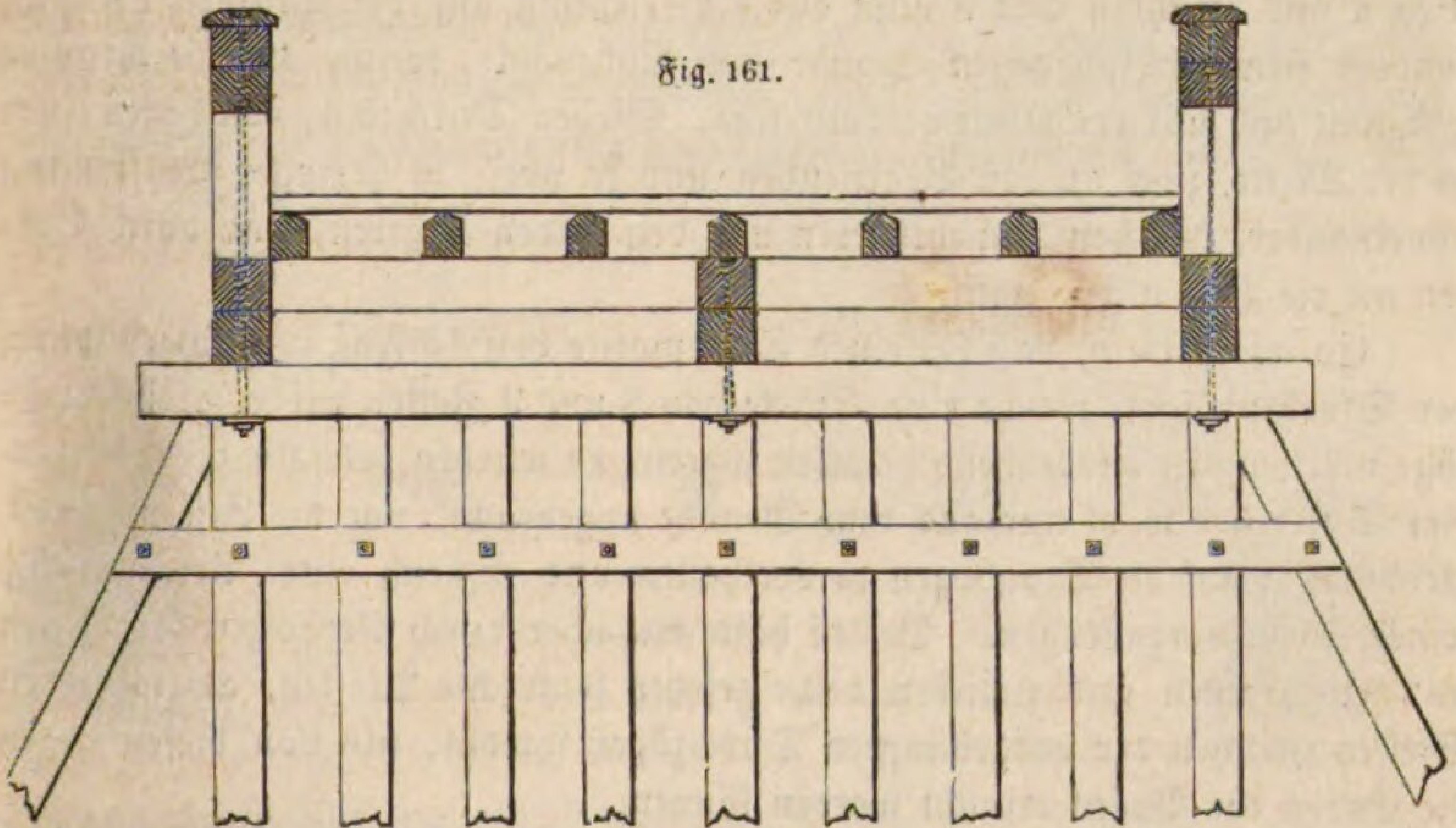
neten Pechmann'schen Bogenhängewerkbrücken bekannt. Bei diesen Brücken ist außer den Bogenhängewerken auf beiden Seiten noch eine Verstärkung der Fahrbahn durch einen verzahnten Tramen in der Mitte angebracht, und bei der größten dieser Art, der Brücke bei Passau über die Donau, welche sieben Oeffnungen von je 26 Mètre Spannweite hat, ist in der Mitte der Fahrbahn statt des verzahnten Tramen noch eine dritte Bogenrippe angeordnet.

Eine ausgeführte Pechmann'sche Bogenhängewerkbrücke von gewöhnlicher Construction geben wir in den Fig. 158, 159 und 160. Die Spannweite der aus drei gleichen Oeffnungen bestehenden und von zwei Steinpfeilern unterstützten Brücke beträgt 20 Mètre und die Fahrbahn ist zwischen den Rippen 7,8 Mètre breit. Die verzahnten Tramen der Bogenrippen, sowie der verzahnte Tramen in der Mitte der Fahrbahn sind an ihren Enden durch Sattelhölzer verstärkt und weiter durch Streben von den Widerlagsmauern und den steinernen Jochpfeilern aus unterstützt und haben eine Stärke von $\frac{0,8}{0,3}$ Mètre. Die Tragbogen auf beiden Seiten der Brücke haben eine Pfeilhöhe von 1 Mètre und bestehen aus zwei übereinander liegenden, zusammen $\frac{0,5}{0,3}$ Mètre starken gekrümmten Balken. Die zwischen den Bogen und den Tramen gesetzten Pfosten sind nur da angebracht, wo die Durchzüge aufgehängt sind, und es sind dieselben über den Bogen bis zu der unmittelbar auf den Bogen im Scheitel gelegten Deckschwelle des Geländers fortgesetzt. Die zum Aufhängen der Durchzüge dienenden Bolzen fassen die Deckschwelle des Geländers, und gehen durch die Pfosten, den Bogen, die Tramen und Durchzüge. Die aus einfachen Balken bestehenden Straßenträger ruhen nicht unmittelbar auf den Durchzügen, sondern auf Querschwellen, welche zwischen den verzahnten Tramen auf die Durchzüge gelegt sind. Da die äußersten Durchzüge unter die Sattelhölzer gelegt sind, so sind auf diesen Durchzügen die Querschwellen, auf denen die Straßenträger ruhen, doppelt, und es befinden sich ebenso doppelte Querschwellen auf den Mauerschwellen der Widerlager und Pfeiler. Sämmtliche Straßenträger sind durch Streben an ihren Enden unterstützt und mit den Durchzügen verbolzt, wie dies aus dem Querschnitt Fig. 159 zu ersehen ist. Fig. 158 stellt zur Hälfte die Ansicht des Bogenhängewerks und zur anderen Hälfte den Längendurchschnitt in der Mitte dar, mit Angabe der Bretterverkleidung, welche bei diesen Brücken allgemein angewendet ist. Die gepflasterte Fahrbahn dieser Brücke ruht auf einem einfachen Bohlenbeleg, dessen Bohlen parallel mit der Brückenaxe gelegt und durch quer auf die Straßenträger angebrachte Schwellen unterstützt sind. Die über die Fahrbahn erhöhten Fußwege bestehen aus einem einfachen Bohlenbeleg. Aus dem Grundrisse Fig. 160, welcher zur Hälfte die Rippen und Straßenträger, zur anderen

die Querschwellen, das Bohlenbeleg und zum Theil die Pflasterung der Fahrbahn darstellt, und aus Fig. 159 ergiebt sich die vorbeschriebene Anordnung der Fahrbahn sowohl, als auch der Straßenträger bei dieser Brücke.

Bei anderen Pechmann'schen Bogenhängewerkbrücken sind die Straßenträger nach Fig. 161, welche den Querschnitt einer solchen Brücke darstellt, parallel mit der Brückenaxe angeordnet und liegen oberhalb der verzahnten Tramen, so daß zwischen den Tramen zur Unterstützung der Straßenträger doppelte Querschwellen auf die Durchzüge gelegt sind. Um den Abzug der Nässe zu befördern, welche von der, aus einem doppelten Bohlenbelege bestehenden Fahrbahn aus eindringt, sind die einfachen Straßenträger oben mit einem Grathe bearbeitet, so daß die Bohlen des unteren Belegs nur auf den Gräthen der Straßenträger ruhen, und die von den Gräthen beiderseits geneigten

Fig. 161.



Flächen derselben frei lassen. Diese Anordnung, bei welcher das von oben eindringende Wasser von der Oberfläche der Straßenträger abgeleitet und zugleich dem Luftzug Zutritt gestattet wird, trägt wesentlich zur längeren Dauer der Straßenträger bei, und wir können nicht unterlassen, darauf empfehlend aufmerksam zu machen.

Den vorbeschriebenen Pechmann'schen Bogenhängewerkbrücken, welche sich in ihrer ausgedehnten Anwendung auf Brücken bis zu 26 Mètre Spannweite bewährt haben, schließen sich die Bogenhängewerkbrücken an, deren Bogen aus Bohlen nach dem Systeme von de l'Orme construirt sind. Die im Jahre 1800 von Funk erbaute Brücke über die Weser bei Minden war wohl die erste Bogenhängewerkbrücke, bei welcher die Bogenrippen aus auf die Hochkante gestellten und mit abwechselnden Stoßfugen durch Vernagelung auf

der breiten Seite aneinander befestigten Bohlen construirt sind. Da bei dieser Construction die Bohlen nicht in großer Länge angewendet werden können, sonach an einem Bogen eine Anzahl von Stoßfugen vorkommen, so kann der Bogen nicht so flach, wie bei den aus gekrümmten Balken hergestellten gehalten werden, und es wurde als Regel festgehalten, daß der Halbmesser des Bogens nicht größer angenommen werden dürfe, als die Sehne des Bogens, so daß hiernach das Bogenstück einem Centriwinkel von 60° entspreche.

Bei der Funk'schen Weserbrücke, Fig. 162 in der Ansicht dargestellt, beträgt die Pfeilhöhe des Bogens bei 45 Fuß preuß. Maaß Spannweite 5 Fuß. Der Bogen besteht aus einer doppelten Lage nebeneinander gestellter und durch Vernagelung, hauptsächlich zunächst der abwechselnden Stoßfugen, miteinander verbundener Eichenbohlen, zusammen 15 Zoll breit und 18 Zoll hoch. Die Bogen sind an ihren Enden nicht durch Versetzung auf die Tramen befestigt, sondern stemmen sich gegen Schuhe von Eichenholz, welche auf die Tramen gekämmt und mit denselben verbolzt sind. Sieben Durchzüge, von denen einer in der Mitte, zwei an den Bogenenden und je zwei, in geringer Entfernung voneinander, zwischen dem mittleren und den beiden äußeren, sind durch Bolzen an die Bogen gehängt.

Es leuchtet ein, daß bei einer Spannweite von 45 Fuß zur Unterstützung der Straßenträger, welche eine Stärke von 8 und 9 Zollen haben, drei Durchzüge vollkommen ausreichend gewesen wären; es wurden deshalb die weiteren vier Durchzüge wohl nur aus dem Grunde angebracht, um die Last möglichst gleichmäßig auf die Tragbogen zu vertheilen und zugleich einer Veränderung seiner Form vorzubeugen. Beides hätte einfacher durch Verbolzen der Bogen mit den Tramen und zwischen beide gesetzte senkrechte Pfosten, an mehreren Stellen zwischen den aufgehängten Durchzügen sowohl, als von diesen gegen die Enden der Bogen erreicht werden können.

Eine weitverbreitete Anwendung haben die Funk'schen Bohlenbogenbrücken nicht gefunden und es möchte, bei aller Verbesserung, deren die Construction der Bohlenbogen nach dem Systeme von de l'Orme noch fähig ist, die Anwendung dieses Systems beim Brückenbau zur Herstellung von Tragbögen um deswillen als unzweckmäßig, ja als unzulässig zu betrachten sein, weil durch die in die vielen Stoßfugen eindringende Nässe Veranlassung wird zu ebenso vielen Zusammenpressungen der aufeinander gesetzten Hirnhölzer, so daß mit der Zeit der Zusammenhang der Bogen nur noch von der Vernagelung abhängt und auf diese alle an den Bogen gehängte Last übertragen wird. Schutzmittel durch Anstrich oder Verkleidung verhindern das Eindringen der Nässe nur auf kurze Zeit und befördern dadurch, daß sie den zur Erhaltung der Hölzer so nöthigen Luftzug abhalten, die Zerstörung der Hölzer durch Fäulniß in der Regel vielmehr, als sie dagegen schützen.

Ein fruchtbareres und in unserer Zeit bei dem Brückenbau mit dem besten Erfolge selbst bei Brücken von bedeutender Spannweite in Anwendung gebrachtes Constructionssystem von Bohlenbogen für Hängewerkbrücken ist das von Wiebeking, so viel uns bekannt, zuerst bei dem Baue der im Jahre 1809 ausgeführten Brücke zu Altenmarkt angewendete, welches von Emy später vervollkommnet, nun allgemein als das Emy'sche Bohlenconstructionssystem bezeichnet wird. Es besteht dies darin, daß die Bohlen in ganzer Länge auf ihren breiten Flächen übereinander gelegt und miteinander durch übergelegte Eisenbänder und Bolzen verbunden, und daraus die Bogen gebildet werden. Wiebeking hatte die übereinandergelegten Bohlen außerdem noch miteinander verleimt. Diese Construction von Bohlenbogen für Hängewerkbrücken blieb lange Zeit unbeachtet, wurde aber in neuerer Zeit wieder aufgenommen und namentlich in Nordamerika sehr ausgebildet und auf Spannweiten bis zu 80 Mètre mit dem besten Erfolge angewendet, worauf wir bei der Besprechung der amerikanischen Brücken-Constructionssysteme zurückkommen werden. Auf

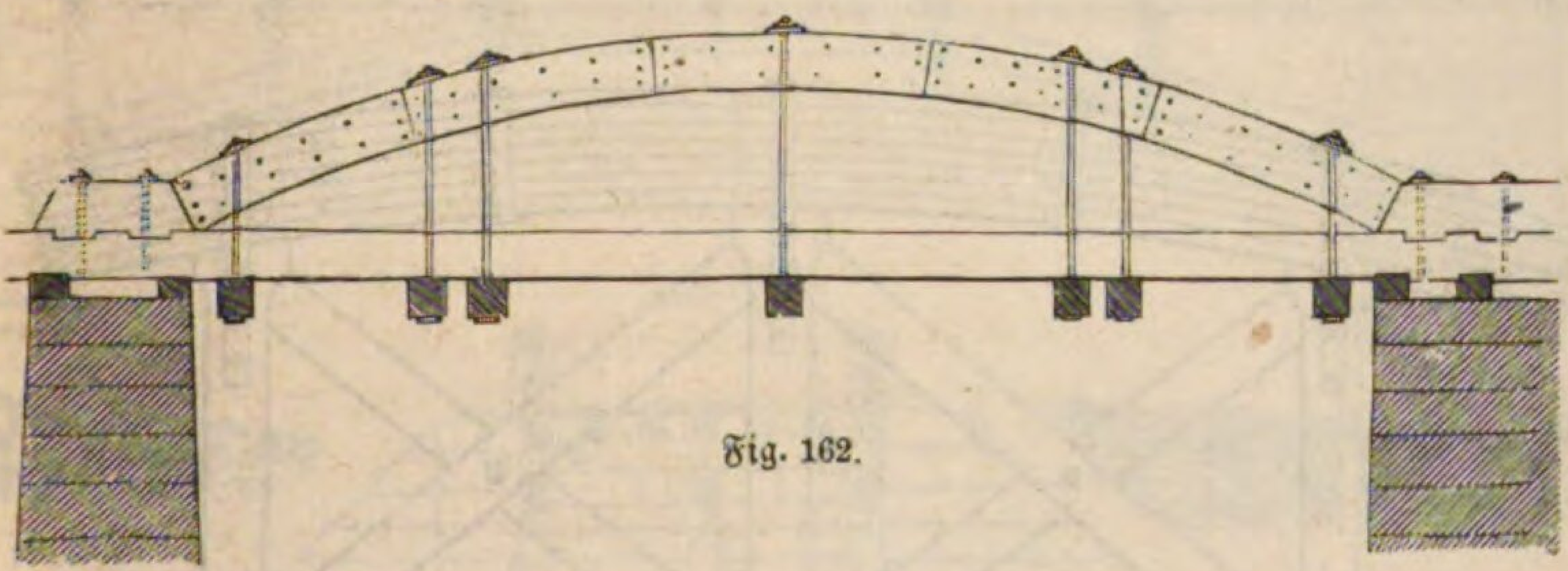
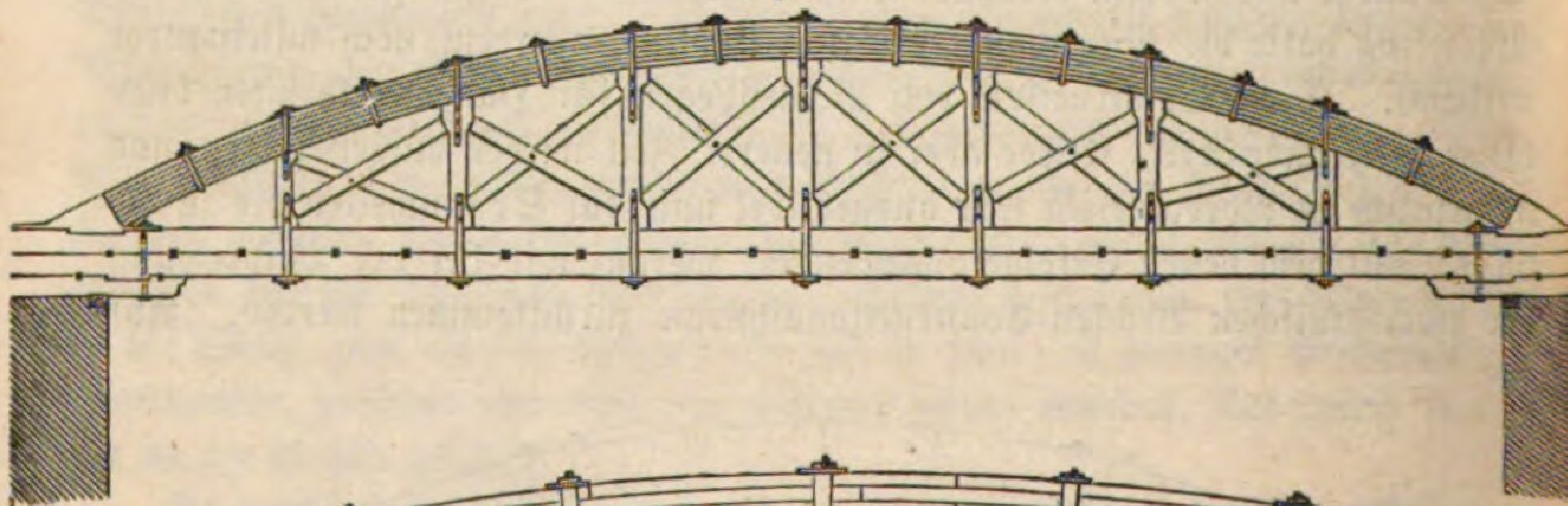


Fig. 162.

der holländischen Eisenbahn von Amsterdam nach Leyden befinden sich nach diesem System construirte Bogenhängewerkbrücken von 24 Mètre Spannweite, welche sich nach Fig. 163, welche die Ansicht einer Bogenrippe darstellt, dadurch sehr vortheilhaft auszeichnen, daß die Belastung auf die Tragbogen gleichmäßig vertheilt, und daß der Tramen mit dem Tragbogen zu einem unveränderlichen Ganzen verbunden ist. Das doppelte Fahrgeleise der über die Brücke geführten Eisenbahn wird durch drei Bogenrippen von gleicher Construction getragen. Die Längeschwellen der Schienengeleise ruhen auf quer über die Tramen gelegten Straßenträgern, wie aus Fig. 164, welche den mittleren Theil einer Tragrippe in größerem Maaßstabe darstellt, zu ersehen ist. Jeder Tragbogen besteht aus sieben übereinander gelegten Bohlen, jeder 0,08 Mètre dick und 0,46 Mètre breit. Die Bogen sitzen an ihren Enden in gußeisernen Schuhen auf den unterstützten Enden der Tramen, welche aus zwei aufeinander gelegten und vermittelst Holzdübel miteinander verspannten

Balken bestehen, die im Ganzen $\frac{0{,}6}{0{,}46}$ Mètre stark sind. Zwischen Bogen und Tramen sind sieben senkrechte Pfosten in gleicher Entfernung voneinander, sowie von den Widerlagern angebracht, welche durch übergelegte Eisenbänder mit dem Bogen und Tramen verbunden sind. Zur Längenverspannung der Pfosten gehen von den sowohl unten, als auch oben verstärkten Köpfen der Pfosten Kreuzbüge, wodurch nebenbei die Tragfähigkeit der nunmehr aus einem Tragbogen und einer unveränderlichen Fachwerkswand als Hängewerk be-

Fig. 163.



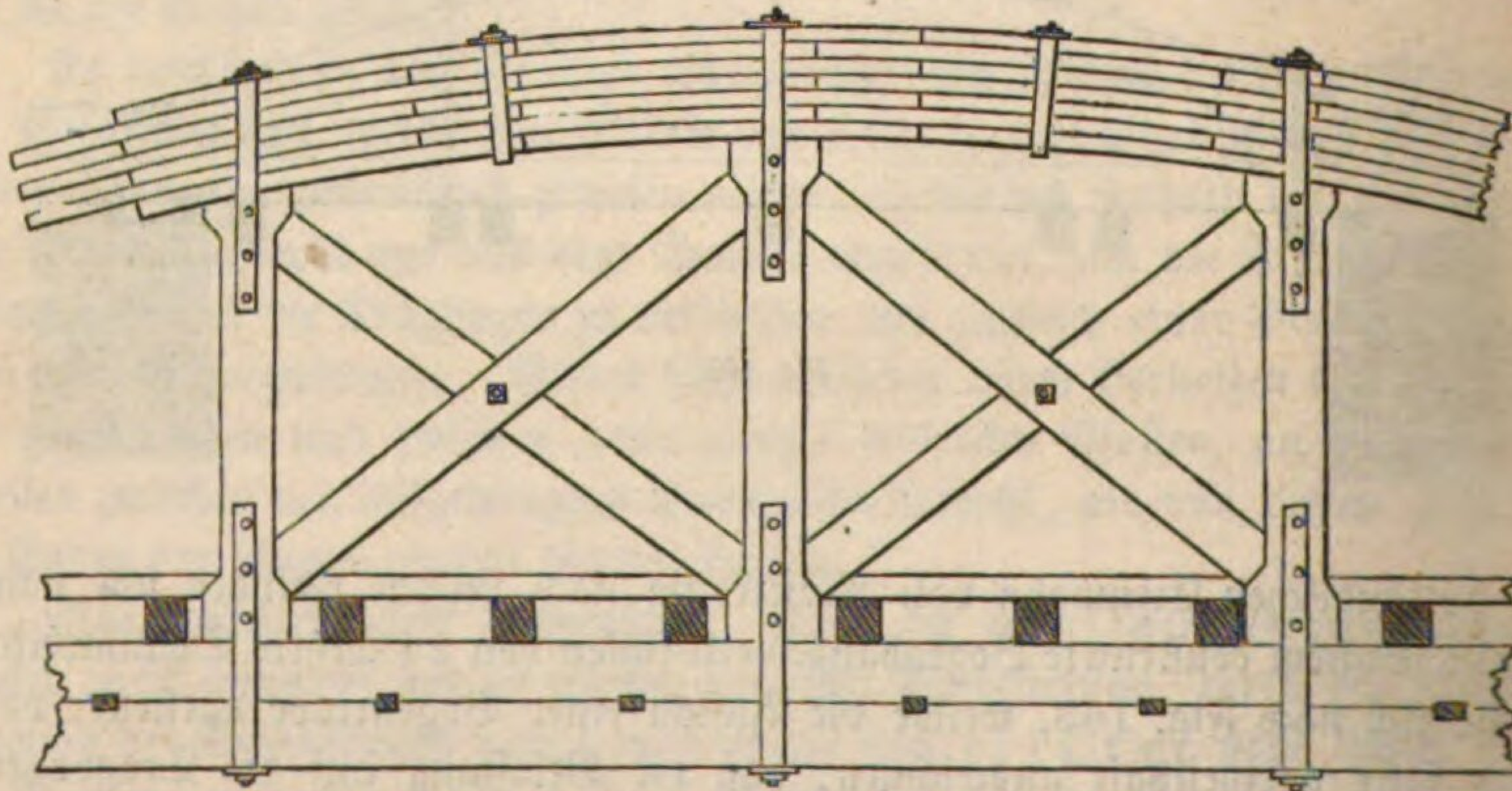


Fig. 164.

stehenden Rippe bedeutend vermehrt wird. Sind an den Pfosten der zwischen den Bogen und den Tramen gesetzten Fachwerkswand die Bohlen von den Verbindungseisenbändern aus, welche oben als Schrauben endigen, deren Muttern auf einer quer über den Bogen gelegten Eisenplatte sitzen, fest zusammengepreßt; so sind außerdem noch zwischen diesen Pfosten Eisenbänder über die Bohlenbogen gelegt, welche gleichfalls oben mit Schrauben versehen sind, deren Muttern auf quer über die Bohlen gelegten Eisenplatten sitzen. Die Pfeilhöhe dieser Bohlenbogen beträgt bei deren Spannweite von 24 Mètre im Ganzen 3 Mètre.

Siebenter Abschnitt.

Von den Sprengwerkbrücken.

Werden die Träger der Brückenbahn, oder die Hauptträmen, auf welchen die Straßenträger ruhen, durch ein System von Streben unterstützt, die sich unterhalb der Brückenbahn gegen unverrückbare Widerlager stemmen, so erhalten derart construirte Brücken den Namen Sprengwerkbrücken. Da nun die Streben von Sprengwerken unter keinem geringeren Winkel als 25° gegen

Fig. 165.

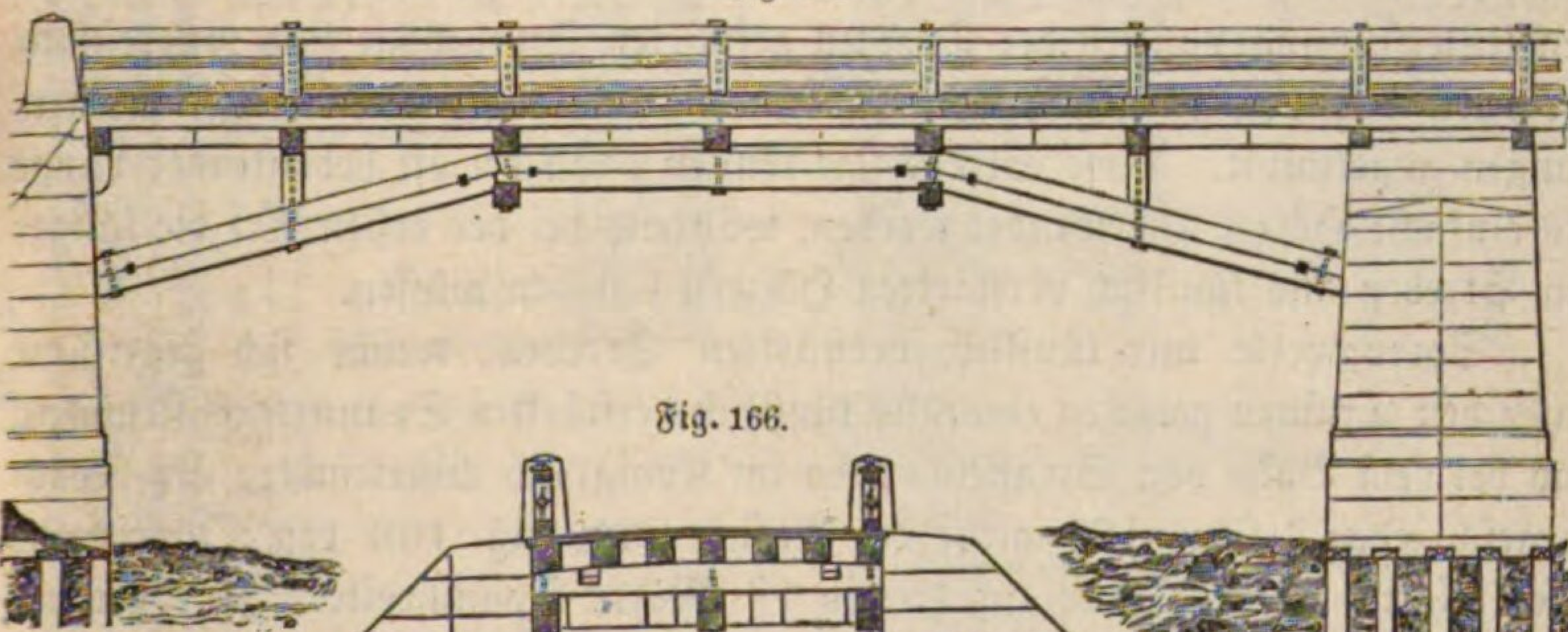
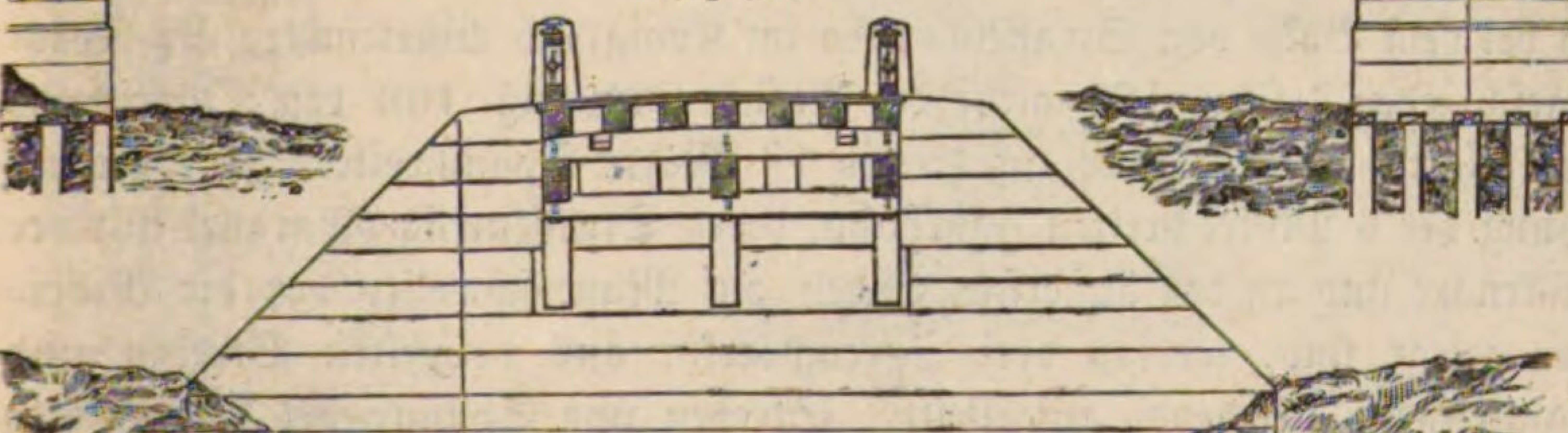


Fig. 166.



den Horizont geneigt werden können, und da die Stützpunkte derselben zugleich nicht vom Wasser berührt werden dürfen, so sind derartige Constructionen nur in den Fällen anwendbar, wenn die Fahrbahn die erforderliche Höhe über dem höchsten Wasserstande hat.

Ist diese Höhe vorhanden, so verdienen die Sprengwerke entschieden den Vorzug vor den Hängewerken. Die Construction ist auf ihre ganze Höhe mit den Widerlagern verbunden und bietet deshalb eine große Stabilität dar. Es können unterhalb der Fahrbahn zweckmäßige Querverbindungen zur Sicherung

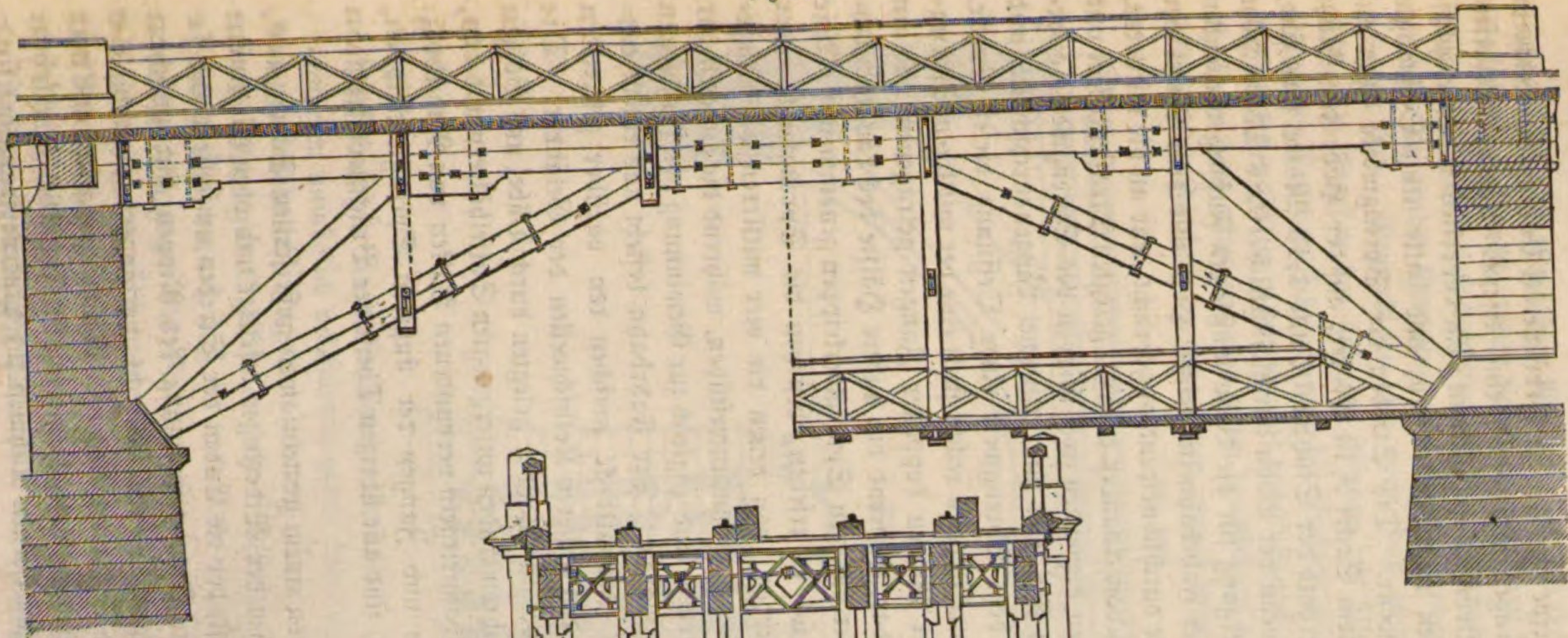
gegen horizontale Verschiebung angebracht, und ohne Störung des Verkehrs die nöthigen Reparaturen und Erneuerungen einzelner Constructionstheile vorgenommen werden. Was der Construction von Sprengwerkbrücken für größere Spannweiten entgegensteht, kann indeß nicht unberührt bleiben. Es erfordern dieselben, wegen des Horizontalschubes der Streben, Widerlager von bedeutender Stärke, und zu den Streben, welche zur Unterstützung der Fahrbahn gegen die Mitte derselben angebracht werden, sind immer kernhafte und zuweilen Stämme von solcher Länge und Stärke erforderlich, daß sie nicht immer in der nöthigen Güte und Anzahl zu haben sind.

Die aus geraden Hölzern construirten Sprengwerke sind entweder derart, daß die Strebebüge nicht unmittelbar gegen die Tramen, sondern gegen Spannriegel oder Sattelhölzer sitzen, welche, unmittelbar unter die Tramen gelegt, zugleich als Verstärkung derselben betrachtet werden, oder es sitzen die Strebebüge unmittelbar an den Tramen, und die, von den Widerlagern aus nach verschiedenen Unterstützungspunkten der Tramen geführten Strebebüge sind untereinander durch darüber gelegte Zangen verbunden und dadurch in kurzen Entfernungen abgeknüpft. Diese Strebebüge können dann bei oft bedeutender Länge als einfache Hölzer angewendet werden, während bei der ersten Art die längeren Streben aus künstlich verstärkten Hölzern bestehen müssen.

Sprengwerke mit künstlich verstärkten Streben, welche sich gegen die unter den Tramen gelegten ebenfalls künstlich verstärkten Spannriegel stemmen, sind bei dem Baue von Straßenbrücken im Königreich Würtemberg als Norm vorgeschrieben. Fig. 165 giebt die Ansicht und Fig. 166 den Querschnitt einer solchen Normalbrücke auf 15 bis 18 Mètre Spannweite. Zur Unterstützung der 6 Mètre breiten Fahrbahn, deren Straßenträger parallel mit der Brückenaxe und an den äußersten Enden auf Mauerschwellen vor die Widerlager gelegt sind, werden drei Sprengwerke, aus doppelten Streben und Spannriegeln bestehend, aufgestellt. Streben und Spannriegel sind einzeln $\frac{0,3}{0,3}$ Mètre stark und durch Dübel und Bolzen miteinander auf $\frac{0,3}{0,6}$ Mètre Stärke verbunden.

Zwischen dem Spannriegel und Tramen ruhen auf dem ersteren drei Durchzüge, und zwei weitere Durchzüge sind durch Pfosten unterstützt, welche in senkrechter Stellung auf die Streben gesetzt und mit diesen verbolzt sind. Da, wo die Streben gegen die Spannriegel sich ansetzen, befinden sich unterhalb derselben zwei Tragschwellen, welche zur Verbindung der drei Sprengwerke untereinander mit den darüber befindlichen Durchzügen der Straßenträger, und mit den an diesen Stellen vorkommenden Straßenträgern selbst verbolzt sind. Zur Querverspannung der Fahrbahn liegen unter den Straßenträgern Kreuzbüge, welche die Mauerschwellen und Durchzüge zur Basis haben.

Fig. 167.



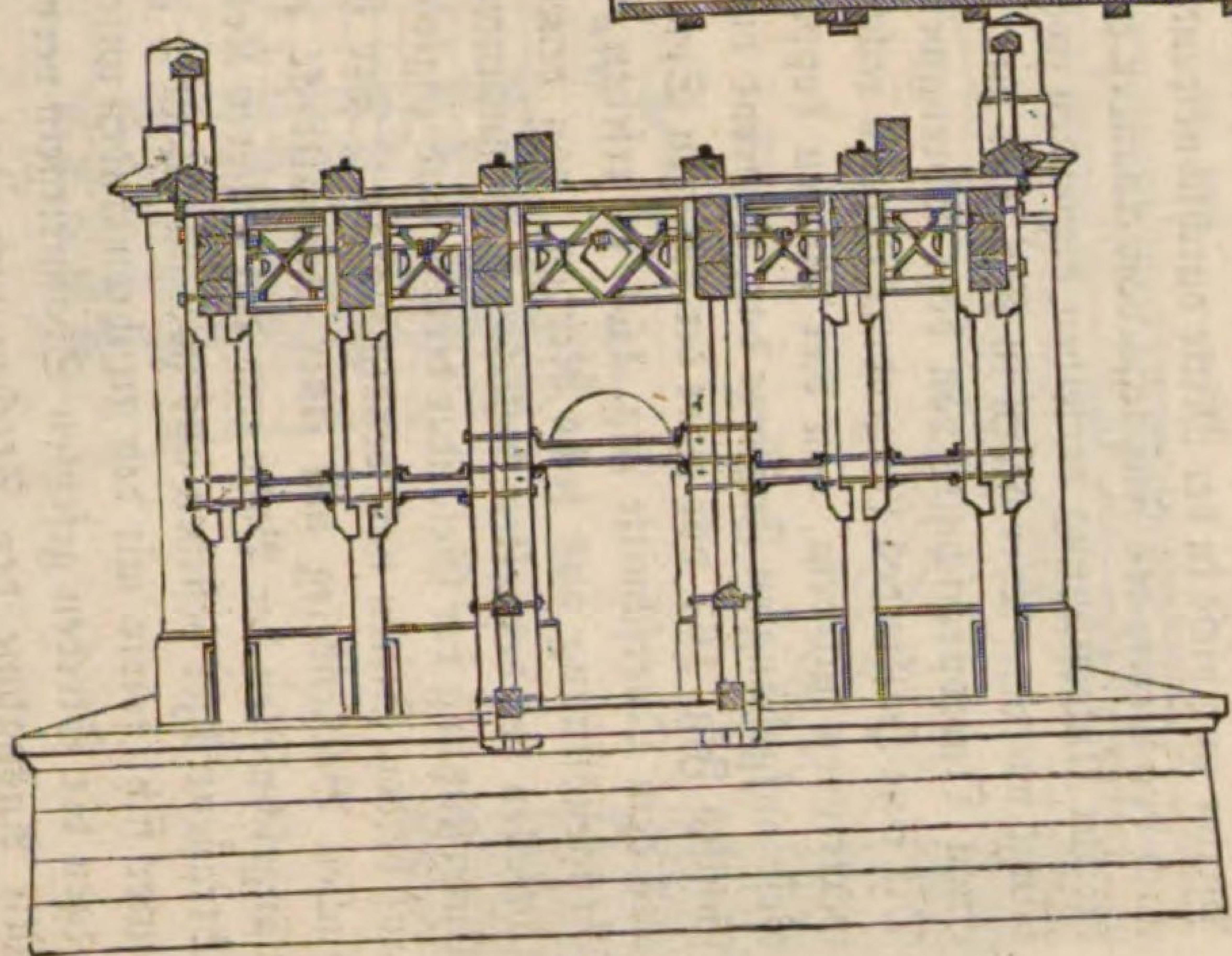


Fig. 168.

Nach demselbem Principe war die Neckarbrücke bei Cannstadt, welche im Jahre 1858 wieder abgetragen und durch eine eiserne Bogenbrücke ersetzt wurde, construirt. Diese Brücke war bestimmt, ein doppeltes Schienengeleise der Staatseisenbahn über den Neckar zu führen, und hatte neun Oeffnungen von 21,45 Mètre Spannweite. Die Streben der Sprengwerke sitzen auf Steinpfeilern, welche über dem Sockel 3,14 Mètre, auf der Höhe der Stützpunkte 2,57 Mètre und oberhalb der Stützpunkte nur 1,43 Mètre stark sind, und vom Roste bis zum Niveau der Bahn durchschnittlich 10,86 Mètre Höhe haben. Mit dem Hauptübergang für die Bahn mußte ein Fußsteg verbunden werden, welcher unterhalb der Fahrbahn in gleicher Höhe mit dem Sockel der Pfeiler und diese in der Mitte durchschneidend angebracht, und an die mittleren, nach der Breite des Fußstegs von einander entfernt gelegten Straßenträger und die zur Unterstützung derselben dienenden zwei Rippen des Sprengwerks angehängt wurde. Wir geben in Fig. 167 und 168 zwei Längendurchschnitte und einen Querdurchschnitt von dem Sprengwerk einer Oeffnung dieser Brücke. Die eine Hälfte des Längendurchschnitts rechts stellt eine der mittleren Sprengwerkrippen mit dem, von vier Paaren doppelter Zangen getragenen und an diese aufgehängten Fußstege dar, während die andere Hälfte des Längendurchschnitts Fig. 167 vor einer der äußeren Sprengwerkrippen genommen ist. Wie aus dem Querschnitte Fig. 168 zu ersehen, bestehen die Sprengwerke einer Brückenöffnung aus sechs Rippen, von denen die vier mittleren die Längeschwellen der doppelten Geleise der Bahn unterstützen, während die äußeren zur Unterstützung der Geländer dienen, und zugleich zur Gewinnung von Fußwegen auf beiden Seiten nothwendig waren. Die Fahrbahn besteht aus einem einfachen Bohlenbeleg mit einer Asphaltdecke zwischen den darüber gestreckten Längeschwellen der Bahn und den äußeren Kothschwellen der Geländer. Die Straßenträger bestehen aus zwei aufeinander gelegten durch Dübel und Bolzen unter sich, sowie mit den an ihren Enden untergelegten Sattelhölzern und den, gegen die Streben gesetzten Spannriegeln verbundenen Balken von Nadelholz. Mit Ausnahme der Streben und Zangen der äußeren Sprengwerkrippen, welche aus Eichenholz bestehen, sind alle übrigen Theile der Brückenconstruction aus Nadelholz hergestellt.

Je zwei Streben gehen von einem gemeinsamen gußeisernen Schuhe aus, welcher auf die geneigten Flächen der Widerlager befestigt und oben mit einem vortretenden Rande versehen ist, der die Enden der Streben umschließt und so deren Drehen verhindert. Zur Querverspannung der Rippen sind zwischen die senkrechten doppelten Zangen, welche senkrecht verlängert zugleich als Hängesäulen dienen, gußeiserne Stemmplatten oder Rahmen eingesetzt und mit den Zangen verschraubt, wie dies aus dem Querschnitt Fig. 168 zu ersehen ist. In Verbindung mit den gußeisernen Rahmen zur Querverspannung sind

unterhalb der Straßenträger Windstreben aus 0,016 auf 0,04 Mètre starken Flacheisen angebracht, welche sich in drei Feldern kreuzen. An den Kreuzungsstellen der Windstreben befinden sich Verbindungsplatten an welchen die Bolzen der vier, an der Kreuzung zusammentreffenden Enden der Eisenbänder angebracht sind. Bemerkt sei hier noch, daß zum Schutze gegen eindringende Nässe die Streben der äußeren Rippen mit Blech bedeckt wurden, ebenso die Längeschwellen der Schienen und die Kothschwellen der Geländer. In diesem Abschluß der Hölzer gegen Zutritt des Luftzugs müssen wir gerade das Gegentheil von dem erkennen, was dabei beabsichtigt wurde, indem Nichts mehr dazu beiträgt, die Fäulniß der Bauhölzer, zumal beim Brückenbau, zu befördern, als

Fig. 169.

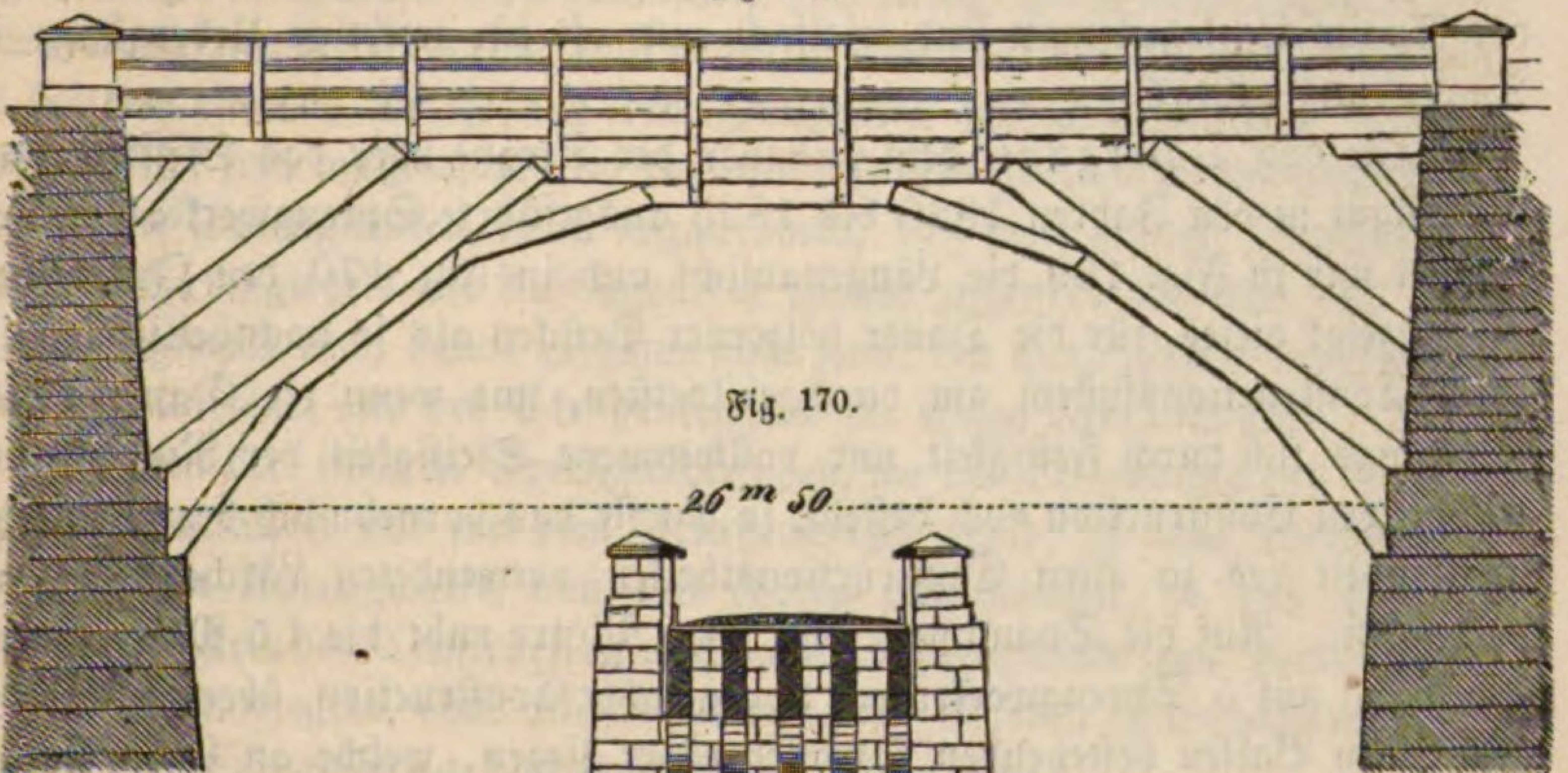
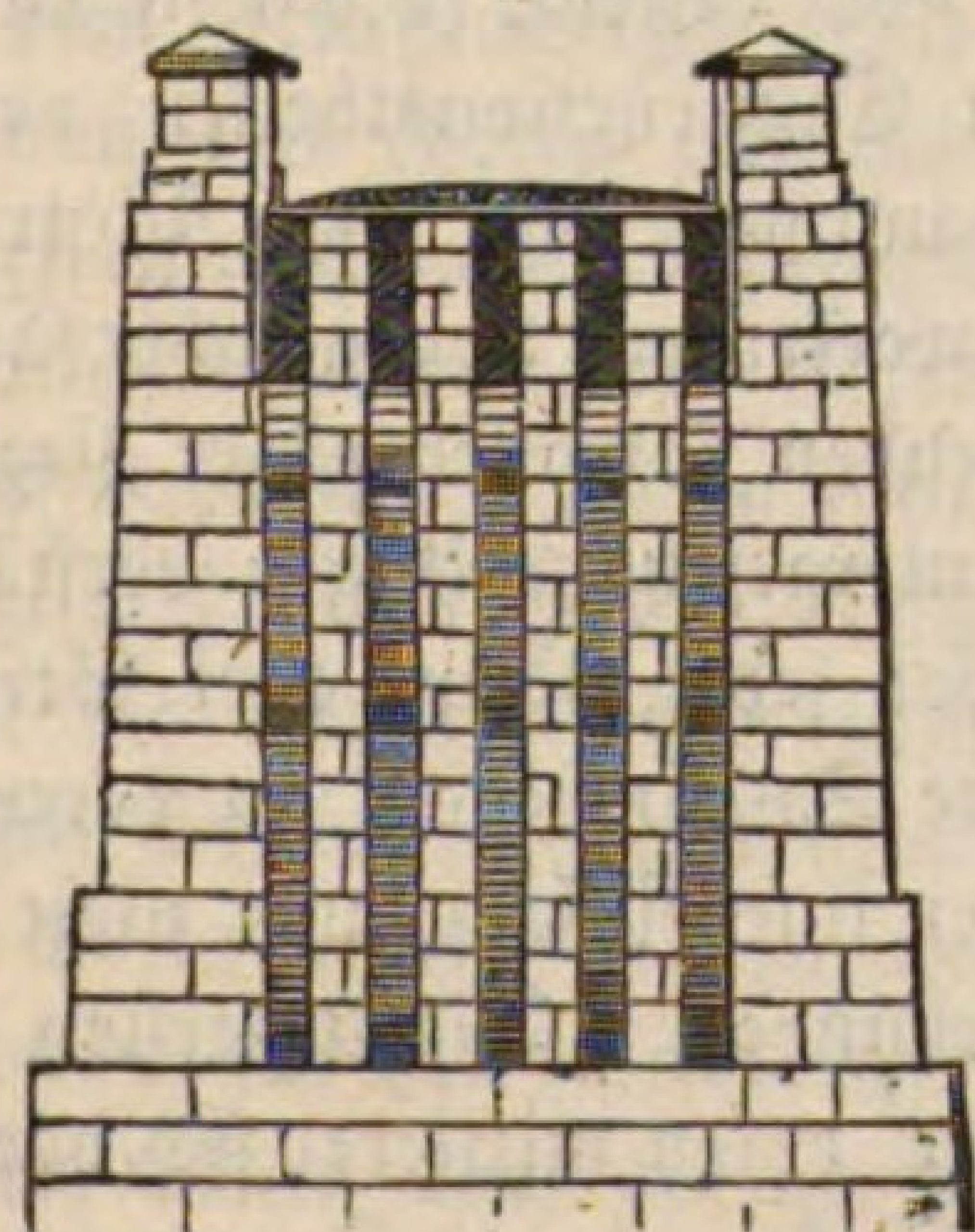


Fig. 170.



Verkleidungen einzelner Constructionstheile, welche in ihrer Verbindung mit anderen unmöglich vollständig gegen eindringende Nässe geschützt werden können. Aehnliche Nachtheile für die Dauer der wichtigsten Constructionstheile von Sprengwerkbrücken entstehen einestheils durch die künstliche Verstärkung der Hölzer derart, daß sie unmittelbar aufeinander zu liegen kommen, und außer den gegen das Verschieben dienenden Holzdübeln noch vermittelst Bolzen untereinander verbunden werden, und weiter dadurch, daß man die Hirnenden der Streben gegen die Hirnenden der Spannriegel stemmt. Es wird unter allen Umständen die Anwendung einfacher Hölzer und deren Unterstützen oder Aufhängen in kurzen Abständen der Anwendung künstlich verstärkter, und in

größeren Entfernungen unterstützter oder aufgehängter Hölzer vorzuziehen sein, und der Ansatz der Streben sollte womöglich auf Längenholz treffen, sei es unmittelbar an den Tramen oder an Hängesäulen zwischen den Streben und Spannriegeln oder Gegenstreben. Werden bei Sprengwerkbrücken die Straßenträger parallel mit der Straßenaxe gelegt und von Durchzügen unterstützt, welche auf dem Haupttramen der Sprengwerkrippe ruhen, so werden Sprengwerkrippen von bedeutender Spannweite aus lauter einfachen Hölzern construirt, und ebenso bei der Construction die vorbemerkten Nachtheile vermieden werden können. Gleichwohl finden wir Sprengwerkbrücken, bei welchen die Hauptstraßenträger durch mehrfach aufeinandergelegte Hölzer verstärkt, und bei denen die Streben mit ihren oberen Hirnholzenden gegen die Hirnhölzer der Spannriegel gestemmt sind, vielfach und oft für wichtige Uebergänge in Anwendung gebracht.

Die von Donegani, dem Erbauer der Straße über das Stilfser Joch, bei Bagni in den Jahren 1820 bis 1825 ausgeführte Sprengwerkbrücke, von welcher wir in Fig. 169 die Längenansicht und in Fig. 170 den Querschnitt geben, zeigt dieses, für die Dauer hölzerner Brücken als so nachtheilig geschilderte Constructionssystem am durchgebildetsten, und wenn die Dauer dieser allerdings sich durch Festigkeit und vollkommene Steifigkeit der Rippen auszeichnenden Construction noch besteht, so hat sie das vornehmlich der guten Beschaffenheit des zu allen Constructionstheilen verwendeten Lärchenholzes zu verdanken. Auf die Spannweite von 26,5 Mètre ruht die 4,5 Mètre breite Fahrbahn auf 5 Sprengwerkrippen von gleicher Construction, über welchen die aus einem Balken bestehenden Straßenträger liegen, welche an ihren Enden durch Sattelhölzer mit untergesetzten Bügen verstärkt sind. Von den steinernen Widerlagern gehen bei jeder Rippe drei Streben auf jeder Seite gegen drei übereinander liegende Spannriegel, an deren Hirnenden sie sich stumpf anstemmen. Alle Streben sind einfach, und nicht durch Zangen oder Hängesäulen untereinander verbunden. Die untersten Streben bestehen aus drei Theilen von gleicher Länge, deren mittlerer sich nach seiner ganzen Länge an die zunächst obere Strebe anschließt und als Spannriegel dient für die beiden unter steilerem Winkel dagegen gestemmten Theile, von denen die oberen gegen den untersten horizontalen Spannriegel stemmen. Dieses unterste, aus sieben einzelnen Hölzern von annähernd gleicher Länge angeordnete Sprengwerk giebt dem Ganzen das befriedigende Ansehen einer soliden Bogenconstruction. Die fünf Sprengwerkrippen haben, wie aus dem Querschnitt Fig. 170 zu ersehen, keine weitere Querverspannung als durch die quer über die Straßenträger gelegten und mit diesen vernagelten Bohlen des Belegs, über welchem eine Schotterdecke angebracht ist, welche sich auf beiden Seiten der Brücke an Schotterbäume oder Kothschwellen anschließt. Die Pfosten des einfachen

Geländers, mit zwei horizontalen Riegeln und einer Deckschwelle, sitzen nur zur Hälfte auf den äußersten Straßenträgern, gehen zur anderen Hälfte ihrer Stärke außen über die in ihrer Richtung befindlichen Spannriegel hinweg und sind mit diesen, sowie mit den Straßenträgern, verbolzt.

Betrachten wir die Construction dieser Brücke näher, so stellt es sich als unzweifelhaft dar, daß die Fahrbahn nach nicht langer Zeit Einsenkungen erleiden mußte durch das Zusammenpressen der gegen einander gestemmten Hirnhölzer der Streben und Spannriegel, sowie der Hirnhölzer der unteren Enden der, auf entsprechende Vorsprünge der Widerlagsmauern gesetzten zwei unteren, und der, in eine Mauervertiefung eingesetzten oberen Streben. Da nun die Zusammenpressungen bei dem untersten, aus sieben Holzstücken zusammengesetzten Sprengwerke, bei welchem die doppelte Anzahl von Stoßfugen vorkommt, als bei dem oberen, nur je aus drei Holzstücken zusammengesetzten Sprengwerke, stärker sein mußten, als bei den aus nur drei Hölzern zusammengesetzten zwei oberen Sprengwerken, so ist anzunehmen, daß diese größere Senkung des untersten Sprengwerks ein Aufbiegen der darauf ruhenden Streben des zweiten Sprengwerks und, damit zusammenhängend, ein Herabziehen der sämmtlichen Spannriegel und des Straßenträgers zur Folge haben mußte.

Bei den drei inneren Sprengwerkrippen, wo die Verbindung der Spannriegel untereinander und mit dem Straßenträger fehlt, ist eine Lostrennung des untersten Sprengwerks von den oberen anzunehmen, so daß hier die Mangelhaftigkeit der Construction mehrfacher Sprengwerke mit übereinander gelegten Spannriegeln, ohne alle Verbindung der Streben untereinander durch Zangen oder Hängesäulen, erst recht in die Augen fällt.

Nachdem wir in den Fig. 165 bis 170 drei Beispiele von Sprengwerkbrücken gegeben, bei welchen die Straßenträger künstlich verstärkt und die Streben der Sprengwerke gegen Spannriegel gestemmt sind, werden wir für gleiche Spannweiten und mit Beibehaltung der gleichen Höhe der Fahrbahn über den Stützpunkten der Streben an den Widerlagern, wie bei den mitgetheilten Beispielen, Sprengwerkbrücken nach der im Eingange des Abschnitts erwähnten Art construirt mittheilen, bei welchen die Strebebüge unmittelbar an den Tramen oder an Hängesäulen sitzen, untereinander durch darüber gelegte Zangen verbunden und dadurch in kurzen Entfernungen abgeknüpft sind.

Die in Fig. 165 und 166 dargestellte Normalbrücke hat bei 17,8 Mètre Spannweite, zwischen den Pfeilern gemessen, Widerlagspfeiler von 2,5 Mètre Stärke, an welchen die künstlich verstärkten Träger in vertieften Versetzungen stumpf ansitzen, und es sind zur Unterstützung der parallel mit der Brückenaxe gelegten Straßenträger fünf Durchzüge angebracht, von denen die drei mittleren auf den künstlich verstärkten Spannriegeln des Sprengwerks ruhen, während die beiden äußeren durch senkrechte Pfosten von den Streben aus unterstützt sind.

Fig. 171.

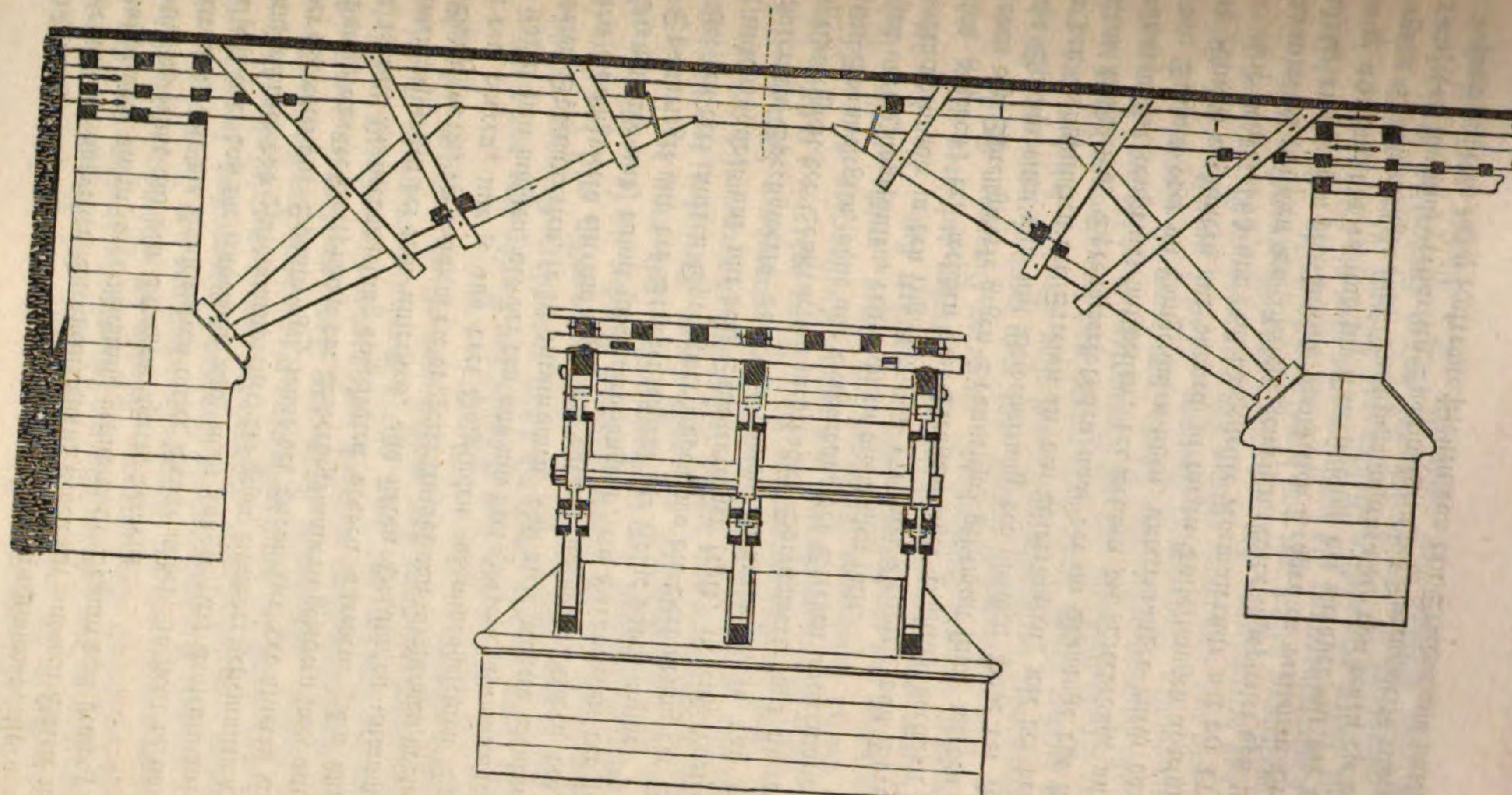


Fig. 172.

Mit Beibehaltung der parallel mit der Brückenaxe angeordneten Straßenträger würde eine viermalige Unterstützung derselben vermittelst Durchzügen, deren Entfernung von einander nicht über 3,6 Mètre betragen würde, vollkommen ausreichen, und wir würden die Brücke mit drei gleichen Sprengwerkrippen aus einfachen Streben zusammengesetzt nach Fig. 171 in der Ansicht und Fig. 172 im Querschnitt construiren. Die Durchzüge ruhen auf den einfachen Tramen der drei Rippen. Die einfachen Tramen sind an ihren Enden durch Sattelhölzer verstärkt und mit diesen durch starke Holzdübel derart verspannt, daß zwischen den Tramen und Sattelhölzern noch ein Zwischenraum von 0,075 Mètre frei bleibt. Die Sattelhölzer ruhen auf zwei Mauerschwellen, mit welchen sie verkämmt sind. Zur Unterstützung der vier Durchzüge sind auf jeder Seite zwei Streben gegen den einfachen Tramen gestemmt,

Fig. 173.

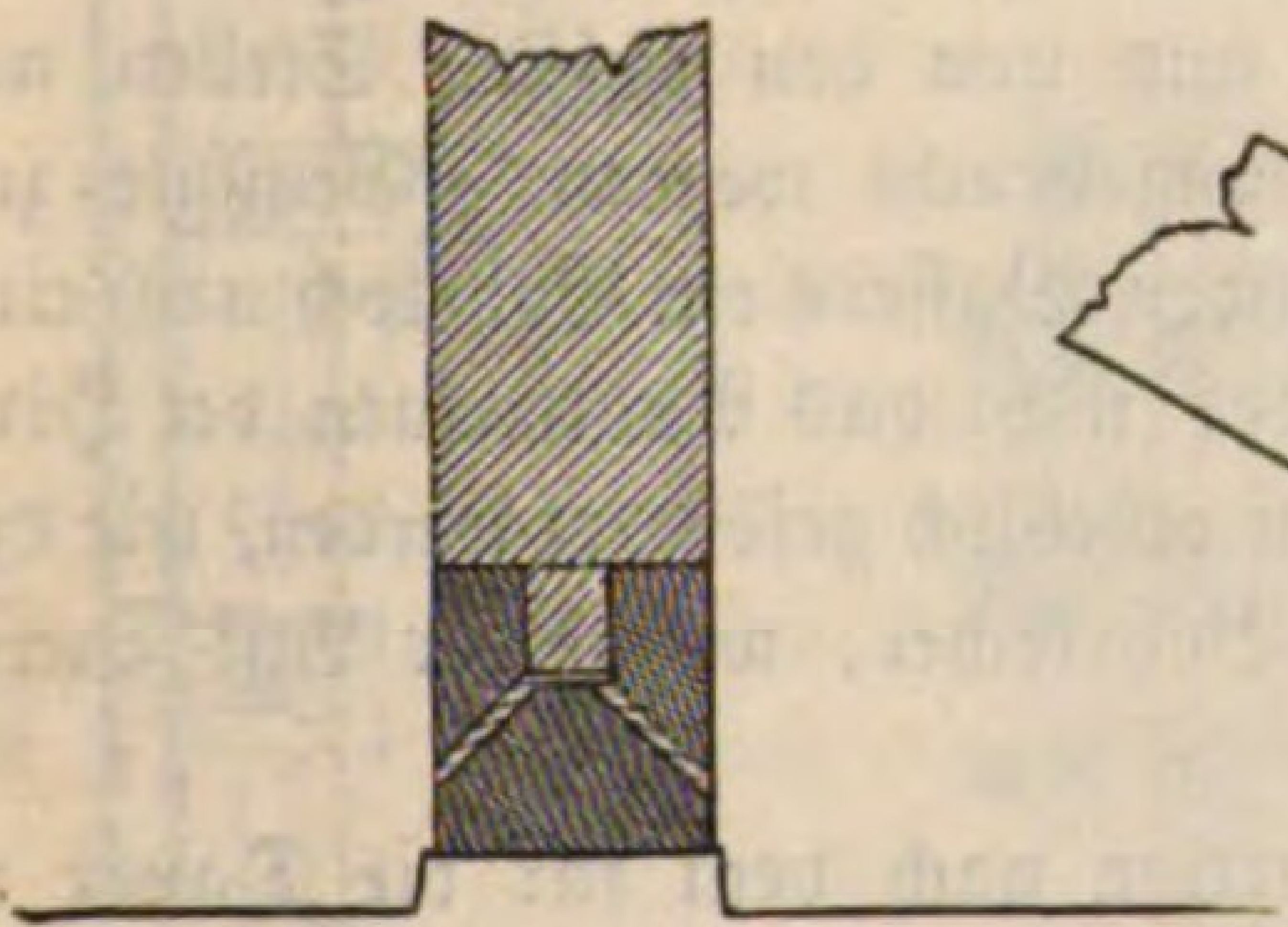
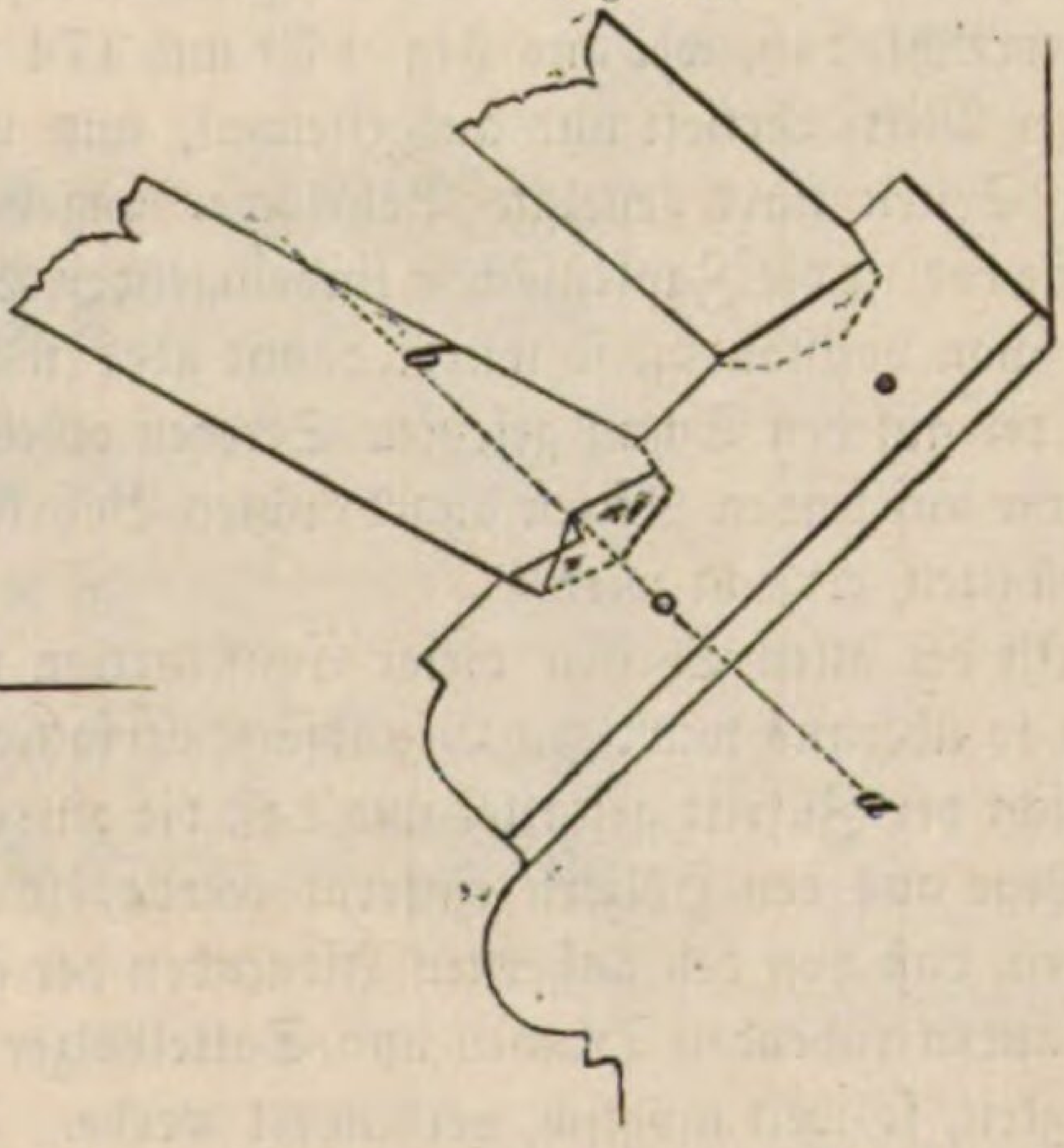


Fig. 174.



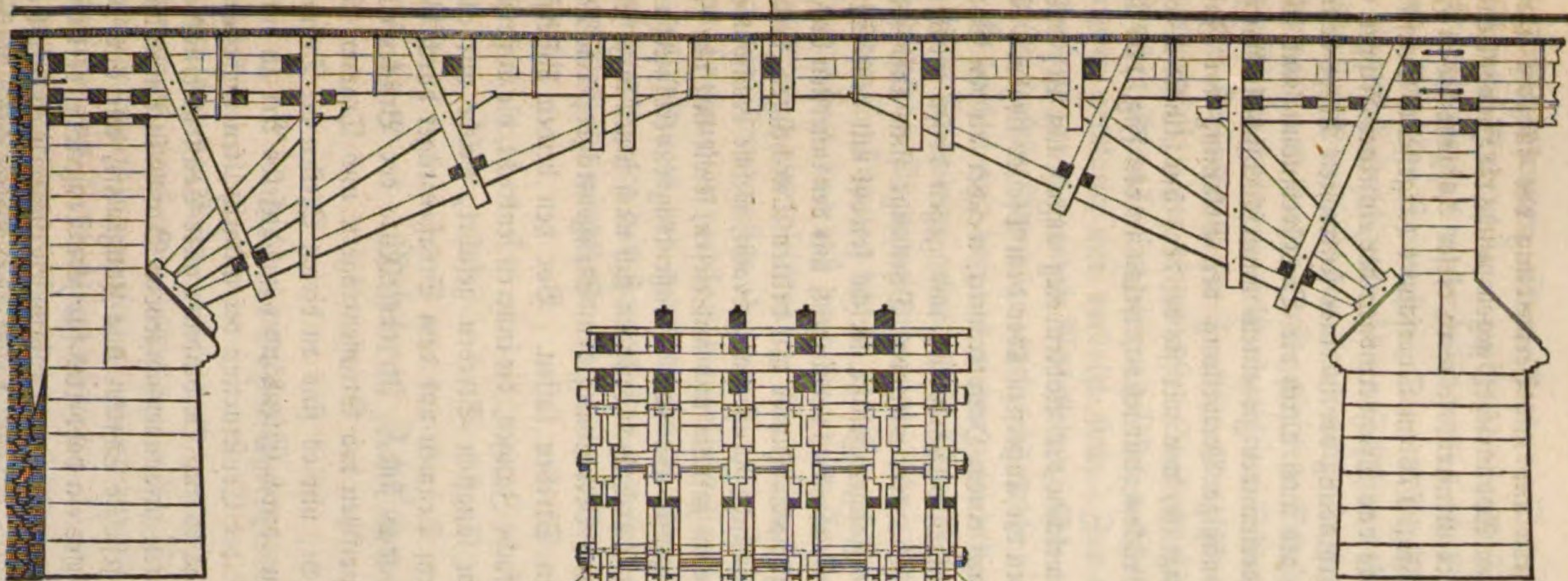
und mit demselben durch entsprechende Versetzungen, sowie durch doppelte Zangen, welche normal zur untersten Strebe geführt und mit sämmtlichen in ihrer Richtung vorkommenden Hölzern verblattet und verbolzt sind, verbunden. Ist durch diese Zangenverbindung eine Verknüpfung aller in der senkrechten Rippe vorkommenden Hölzer zu einem fest zusammenhängenden Ganzen erreicht, so daß kein einzelner Theil für sich eine Einbiegung erleiden kann, so ist eine Querverspannung der drei Rippen hergestellt durch doppelte horizontale Zangen, unmittelbar über den untersten Streben, welche die doppelten Hängezangen auf beiden Seiten durch eine Ueberblattung umschließen und mit diesen verbolzt sind. Außerdem ist eine Verspannung der Fahrbahn gegen horizontale Verschiebung angenommen, aus Kreuzbügen bestehend für jedes Brückenfeld, denen die Durchzüge als Basen dienen. Die Sprengwerkstreben, als die

wichtigsten Constructionstheile, sitzen nicht mit ihren unteren Enden unmittelbar auf Absätzen der Widerlager und Pfeiler, sondern auf Schuhen von Eichenholz, welche auf Mauerabsätzen, mit starkem Wasserfalle versehen, ruhen. Um das auf der geneigten Fläche der Mauerabsätze herablaufende Wasser von den Holzschuhen abzuhalten, werden die Flächen des Wasserfalles zwischen den Holzschuhen etwas tiefer ausgearbeitet, so daß dann nach Fig. 173 und 174, welche einen solchen Schuh in der Ansicht und im Querschnitte nach größerem Maaßstabe darstellen, der Schuh auf einem über den Wasserfall erhöhten Stege ruht. Da die Streben mit den Schuhen durch Versetzungen mit Zapfen verbunden werden müssen, so ist es für die Dauer der Streben sowohl als auch der Schuhe von größter Wichtigkeit, daß die in die Zapfenlöcher und Versatzungen eindringende Nässe daraus entfernt, und daß das Austrocknen der Hirnholzenden der Streben nach Möglichkeit befördert wird. Beides wird dadurch erreicht, daß, wie aus Fig. 173 und 174 zu ersehen, die Zapfenlöcher nach der Mitte vertieft und ausgestemmt, und von den tiefsten Stellen nach beiden Seiten stark geneigte Bohrlöcher angebracht werden. Genügte zum Abflusse des in die Zapfenlöcher eindringenden Wassers ein Bohrloch nach einer Seite schon vollständig, so würde damit aber nicht das Austrocknen der Hirnhölzer der auf den Schuh gesetzten Streben erheblich gefördert werden, wie dies durch die auf beiden Seiten angebrachten Bohrlöcher, welche der Luft Durchzug gestatten, erreicht wird.

Ist bei allen Theilen dieser Construction nach dem für die Dauer der Hölzer so überaus wichtigen Grundsatze verfahren, daß zu allen Hölzern Luft und Licht der Zutritt gestattet und daß die eindringende Nässe auf dem kürzesten Wege aus den Hölzern entfernt werde, so ist weiter darauf Rücksicht genommen, daß von den äußersten Hirnenden der auf den Schwellen der Widerlagsmauern ruhenden Tramen und Sattelhölzer das Eindringen der Grundfeuchtigkeit, so weit möglich, verhindert werde. Hinter den Widerlagsmauern sind zu dem Ende, unmittelbar an die Hirnholzenden der Tramen und Sattelhölzer anschließend, Pfähle auf geringe Tiefe eingerammt, mit denen Tramen und Sattelholz durch umgelegte Eisenbänder und schwache Bolzen verbunden werden. Der obere Kopf dieser Pfähle ist durch den darüber hinweg verlängerten Straßenträger gedeckt und dadurch gegen die von oben eindringende Nässe geschützt. Aus der Ansicht 171, bei welcher wir die Widerlager und den Pfeiler vor der ersten Tragrippe senkrecht durchgeschnitten angenommen haben, ist der Ankerpfahl und seine Verbindung mit dem Tramen und Sattelholz ersichtlich.

Gehen wir auf die in Fig. 167 und 168 dargestellte Sprengwerkbrücke für eine Eisenbahn mit doppeltem Schienengeleise in unserer Betrachtung zurück, und stellen uns die Aufgabe, für die gegebene Spannweite, und mit Beibehaltung der gegebenen Stärken und Höhen der Widerlagspfeiler, die Trag-

Fig. 175.



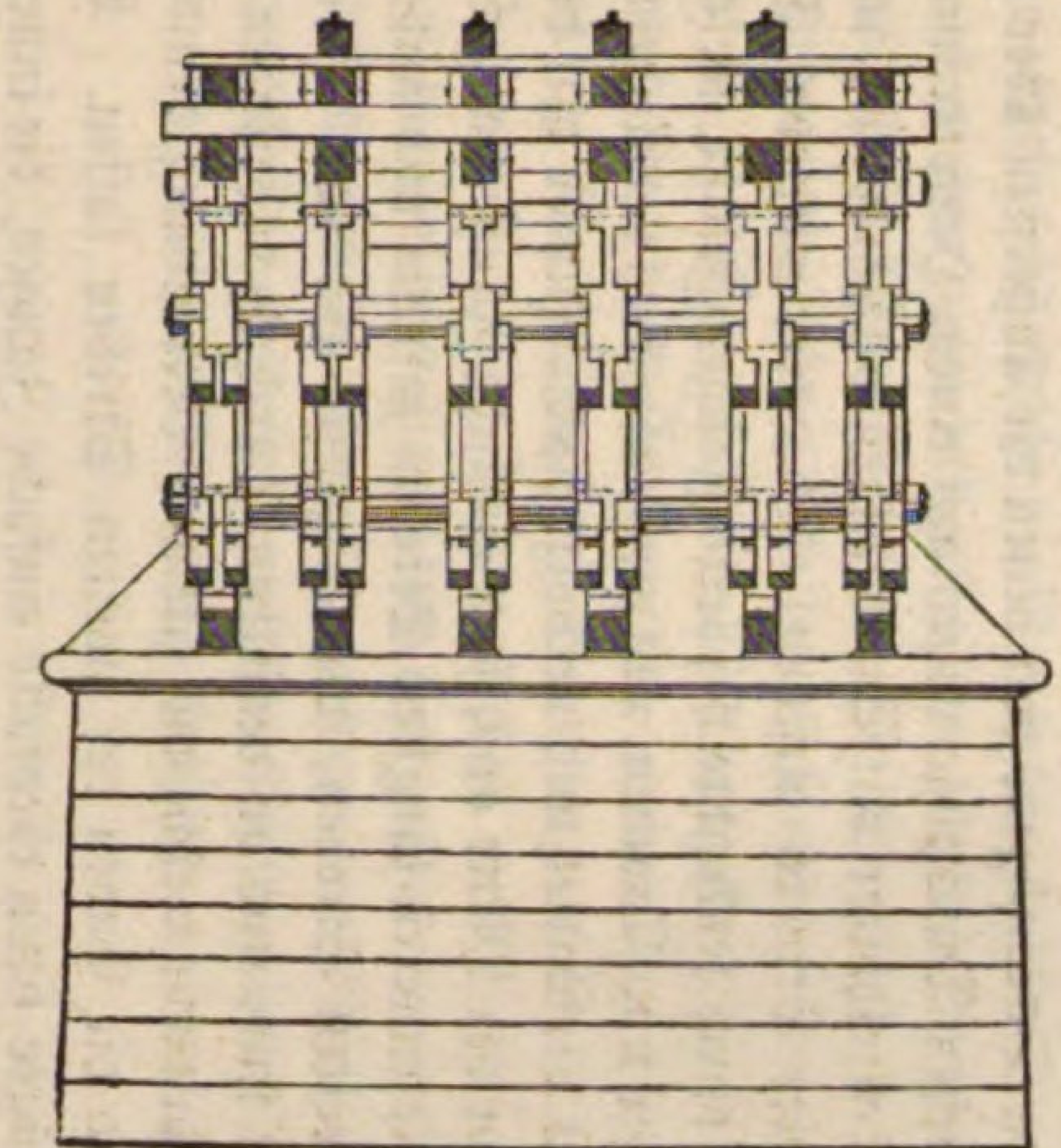


Fig. 176.

rippen nur aus einfachen Hölzern und mit Vermeidung der für die Dauer hölzerner Brücken so nachtheiligen Spannriegel, gegen welche die Hirnholzenden der Streben gestemmt sind, zu construiren, so wird dieser Aufgabe die in Fig. 175 in der Längenansicht und Fig. 176 im Querschnitt dargestellte Construction um so mehr entsprechen, als das Tragvermögen der einzelnen Rippen ein größeres, und als durch die Verbindung der in einer senkrechten Rippe befindlichen Theile unter sich sowohl, als auch durch die Querverbindung und Verspannung der Tragrippen untereinander zu einem unverschieblichen Ganzen, eine Steifigkeit und eine gleichmäßige Vertheilung der Belastung der Fahrbahn auf alle Tragrippen erlangt ist, wie wir sie bei der, aus künstlich verstärkten Hölzern hergestellten Brückenconstruction, welche in den Fig. 167 und 168 dargestellt ist, vermissen.

Die Straßenträger, auf welchen der Bohlenbeleg angebracht ist, ruhen auf neun Durchzügen, von denen die äußersten über dem Pfeiler liegen. Die sämmtlichen Durchzüge ruhen auf einem Haupttramen, welcher an den Enden durch Sattelhölzer mit Strebebügen verstärkt ist, und gegen dessen mittleren Theil vier Streben ansitzen. Die drei mittleren Durchzüge sind auf beiden Seiten durch senkrechte doppelte Zangen gefaßt, welche sowohl mit dem Straßenträger und Tramen, als auch, abwärts verlängert, mit den innersten langen Streben verblattet und verbolzt sind. Hinter den dritten Durchzügen, beiderseits von der Mitte aus, sind einfache Zangen angebracht, welche rechtwinkelig gegen die inneren längsten Streben geführt und mit diesen, sowie mit den kürzeren zweiten Streben, dem Tramen und dem Straßenträger verblattet und verbolzt sind, und an denselben Durchzügen befinden sich nach innen kurze senkrechte Zangen, welche mit gleicher Verbindung den Straßenträger, den Tramen und die Enden der zweiten Streben fassen. Vor den beiden äußersten Durchzügen sitzen ebenfalls einfache Zangen, die inneren senkrecht, die äußersten rechtwinkelig gegen die unteren längsten Streben geführt, welche mit allen Streben, den Sattelhölzern, dem Tramen und dem Straßenträger durch Verblattungen und Bolzen verbunden sind. In der Mitte der Brückenfelder zwischen den Durchzügen sind zwischen den Straßenträgern und Tramen Untersätze von Längeholz angebracht, und es sind an diesen Stellen die Tramen, Zwischensätze und Straßenträger durch Eisenbänder auf dieselbe Art zu einem Ganzen verbunden, wie dies bei der Construction der mitgetheilten verbesserten Knüppelbrücke beschrieben ist. Das zur Verbindung aller Constructionstheile der Sprengwerkrippe zu einem fest zusammenhängenden Ganzen in Anwendung gebrachte und in Fig. 175 dargestellte System von Zangen ist, wie aus dem Durchschnitte Fig. 176 zu ersehen, ein doppeltes für jede Tragrippe, es treffen aber die doppelten Zangen in der Mitte nicht zusammen, sondern es bleibt ein freier Raum von einigen Zollen dazwischen, damit diese Hölzer durch Luftzug

trocken erhalten werden. Ebenso liegen die Sattelhölzer nicht unmittelbar unter den Tramen, sondern liegen durch überblattete Tragschwellen unter den äußersten Durchzügen und durch Zwischendübel zur Verspannung von dem Tramen entfernt, von allen Seiten frei. Die drei Streben auf jeder Seite einer Tragrippe sitzen auf einem gemeinsamen Schuh aus festem Eichenholz, welcher auf der Abdachung der über den Stützpunkten in geringerer Stärke aufgeführten Pfeiler ruht, und werden durch gußeiserne Schuhe mit vortretenden Rändern auf die Widerlager vermittelst eingebleiter Schrauben befestigt.

Zur Verspannung der Tragrippen untereinander sind auf beiden Seiten der rechtwinkelig gegen die untersten Streben geführten Zangen über den Streben Ruthen über alle Tragrippen geführt, welche mit den Zangen der Sprengwerkrippen verblattet und verbolzt sind. Zur wirksamen Verspannung der Fahrbahn gegen horizontale Verschiebung sind unter den Straßenträgern in jedem Brückenfelde Kreuzbüge angebracht, welche die Durchzüge zur Basis haben.

Es leuchtet ein, daß das in den zwei mitgetheilten Beispielen Fig 171 bis 176 in Anwendung gebrachte Constructionssystem für Sprengwerkbrücken von bedeutenden Spannweiten weniger Schwierigkeiten darbietet, als dasjenige, welches der Construction der in den Fig. 165 bis 170 dargestellten Brücken zu Grunde liegt, und daß durch die letztere Construction weder eine so große Festigkeit, noch eine gleichmäßige Vertheilung der Belastung auf alle Tragrippen, am allerwenigsten aber eine so große Dauer erreicht werden kann, wie sie eine Construction verbürgt, bei welcher alle Hölzer dem conservirenden Einflusse des Luftzuges und des Lichtes nicht entzogen, sondern nach Möglichkeit ausgesetzt und gegen das Zurückhalten der eindringenden Nässe gesichert sind. Weitere Beispiele mitzutheilen gestattet der beschränkte Umfang unseres Werkchens nicht.

Achter Abschnitt.

Von den Bogen-Sprengwerkbrücken.

Ein schon den Römern bekanntes Verfahren, die Fahrbahnen hölzerner Brücken durch unterhalb derselben angebrachte Sprengbögen, aus gekrümmten Hölzern construirt, zu unterstützen, wurde in unsrer Zeit, soviel uns bekannt, zuerst wieder von Wiebeking auf Brückenbauwerke von bedeutender Spannweite angewendet, und es sind diese, im Jahre 1807 zuerst, und dann in großer Anzahl im Königreich Bayern nach dem gleichen Systeme zur Ausführung

gekommenen Brücken unter dem Namen der Wiebeking'schen Bogenbrücken bekannt. Zur Unterstützung der Fahrbahn sind bei diesen Brücken zwei bis drei Bögen angebracht, und von diesen Bogenrippen aus werden die Tragschwellen, auf welchen die Straßenträger ruhen, durch senkrechte Wände unterstützt. Die Bogenrippen bestehen aus zwei, drei bis fünf übereinander gebogenen Hölzern von gleicher Stärke, welche über einer Rüstung an Ort und Stelle gebogen werden. Die einzelnen Hölzer *a*, Curven genannt, bestehen bei Brücken von großer Spannweite ihrer Länge nach aus mehreren Stücken, welche nach Fig. 177 an abwechselnden Stellen nach einem schrägen Blatt gestoßen und unter einander vermittelst Schraubenbolzen verbunden wurden.

An der gemeinschaftlichen Auflage oder vielmehr Versatzung auf der Stützschwelle *b* sind die Curven sowohl unter sich als auch mit der Stützschwelle verbolzt. Durch die Fähigkeit des Biegens der Hölzer ohne Anwendung von Wärme war das Verhältniß der Pfeilhöhe der Bogen zur Spannweite bestimmt. Als die größte Pfeilhöhe nahm Wiebeking den achten Theil der Spannweite, und als die geringste Pfeilhöhe den zwölften Theil der Spannweite an; und bei den meisten seiner Brücken betrug die Pfeilhöhe des Bogens den zehnten Theil der Spannweite. Der über jeder Bogenrippe befindliche Hauptträmen, welcher mit seinen Enden auf den Mauerschwellen der steinernen Widerlager aufliegt, erhält seine weiteren Unterstützungen durch Pfosten von den Rippen aus, oder durch übereinander gelegte Balken, über denen dann die eigentliche Tragschwelle liegt. Bei den meisten Wiebeking'schen Bogenbrücken trägt die oberste Curve in der Mitte unmittelbar den Tramen, welcher dann als Schlußbalken bezeichnet wird; doch kommen auch Brücken vor, bei denen in der Mitte der obersten Curve zwischen dem Tramen und der obersten Curve Tragschwellen angebracht sind.

Wie aus Fig. 177 zu ersehen, erheben sich die Curven von Stützschwellen, welche Wiebeking in die Pfeiler verlegte, so daß sie Einschnitte, von ihm Kammern genannt, bilden. Bei hölzernen Zwischenjochen werden die Curven nach Fig. 178 in besondere, vor die Jochpfähle eingerammte Pfähle und auf horizontale Stützschwellen, welche diese Widerlagspfähle unter sich verbinden, angesetzt.

Diese Wiebeking'schen Bogenrippen setzten sich nun, wegen der bei großen Spannweiten vorkommenden vielen Stöße, beträchtlich, und zwar schon beim Herausnehmen der Unterrüstung soviel mal 10 Linien, als der Quotient der Pfeilhöhe in die Spannweite Einheiten enthält, und weiter noch in den ersten Monaten der Vollendung bis zu 5 Zoll. Weitere Senkungen will Wiebeking später nicht bemerkt haben. Wiebeking legte die Stützschwellen der Bogenrippen unter dem höchsten Wasserstand an, und es mag hauptsächlich darin, sowie in dem Einschließen der Bogenanfänge innerhalb der Widerlagsmauern,

verbunden mit eilfertiger Ausführung aus Hölzern, welche oft kurz vor der Bauzeit gefällt waren, der Grund zu suchen sein, weshalb die meisten der Wiebeking'schen Bogenbrücken kein hohes Alter erreicht haben. Als Beispiel einer Wiebeking'schen Brückenconstruction geben wir in den Fig. 179 bis 184 die Brücke über den Inn bei Kufstein, welche aus drei Bogen von je 31,6 Mètre Spannweite besteht. Die Brückenbahn von 5,8 Mètre Breite wird von drei Bogen unterstützt, deren jeder aus drei übereinander gebogenen Curven von $\frac{0,33}{0,33}$ Mètre Stärke besteht. Ueber jedem Bogen liegt ein verdoppelter und verdübelter Tramen, welcher an sieben Stellen durch Unterzüge und darunter gesetzte Balkenwände gestützt und mit dem Bogen vermittelst Eisenbolzen, welche durch den Bogen gehen, verbunden ist. Ueber den Ansätzen der Bogen gehen noch zwei Sprengstreben von den Pfeilern aus gegen den Tramen. Der Bohlenbeleg der Fahrbahn ruht auf fünf Straßenträgern oder Streckbäumen von $\frac{0,3}{0,3}$ Mètre Stärke, welche zum Schutze gegen das von oben eindringende Wasser mit eichenen Bohlen gedeckt sind. Zur Verspannung der Bogen untereinander dienen außer den Tragwänden oberhalb noch Tragschwellen, welche unter den Bogen angebracht und mit den Tragwänden und dem darüber gestreckten Tramen verbolzt sind. Gegen horizontale Verschiebung der Fahrbahn sind, wie aus dem Grundrisse Fig. 181 zu ersehen, unmittelbar unter den Straßenträgern Kreuzbüge angebracht, welche die Durchzüge zur Basis haben.

Fig. 177.

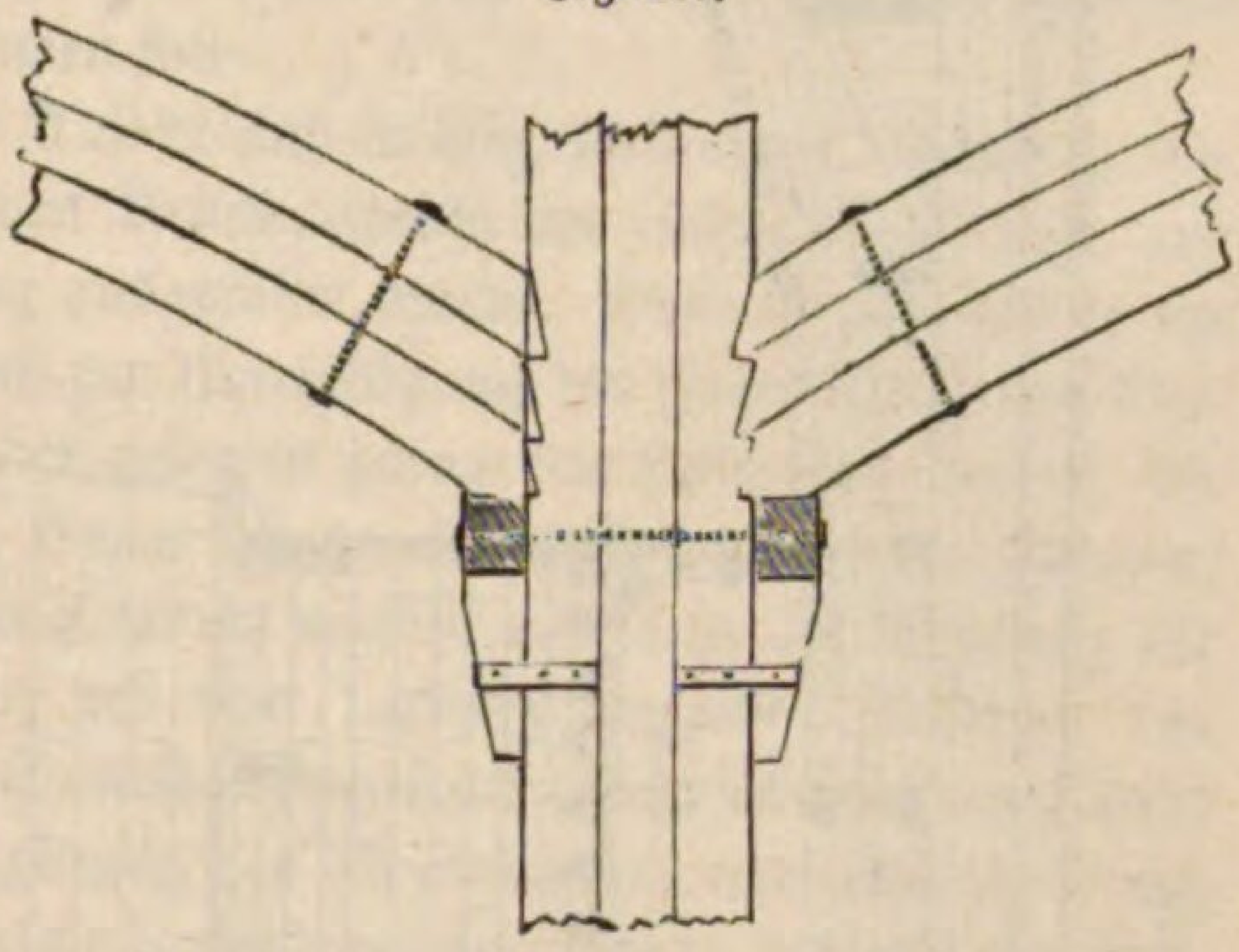
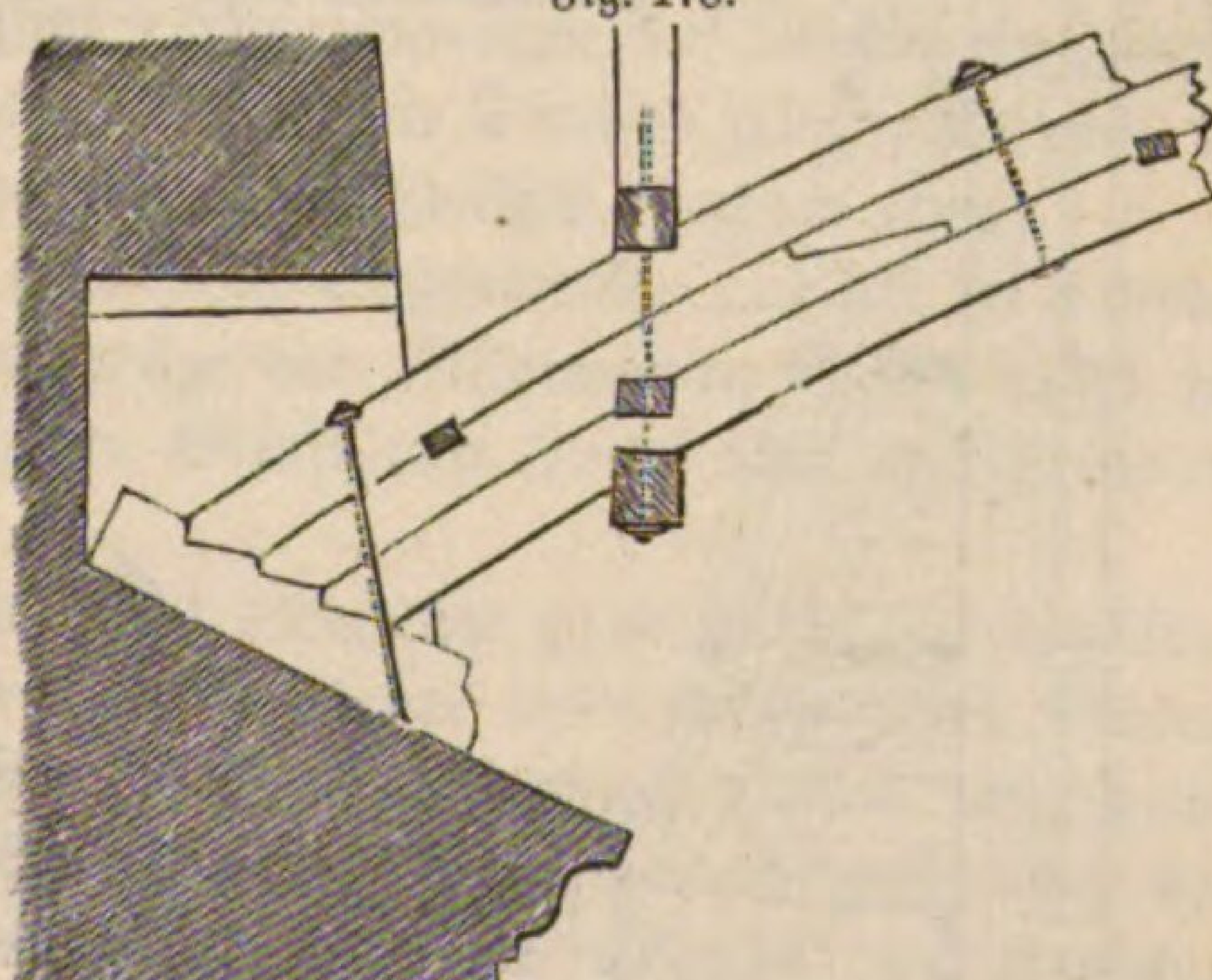


Fig. 178.



Eine ähnliche Construction war bei Brücken bis zu einer Spannweite von 66 Mètre von Wiebeking beibehalten, doch drohten diese meist auf zu flachen Bogen ruhenden Brücken schon nach wenigen Jahren den Einsturz und mußten

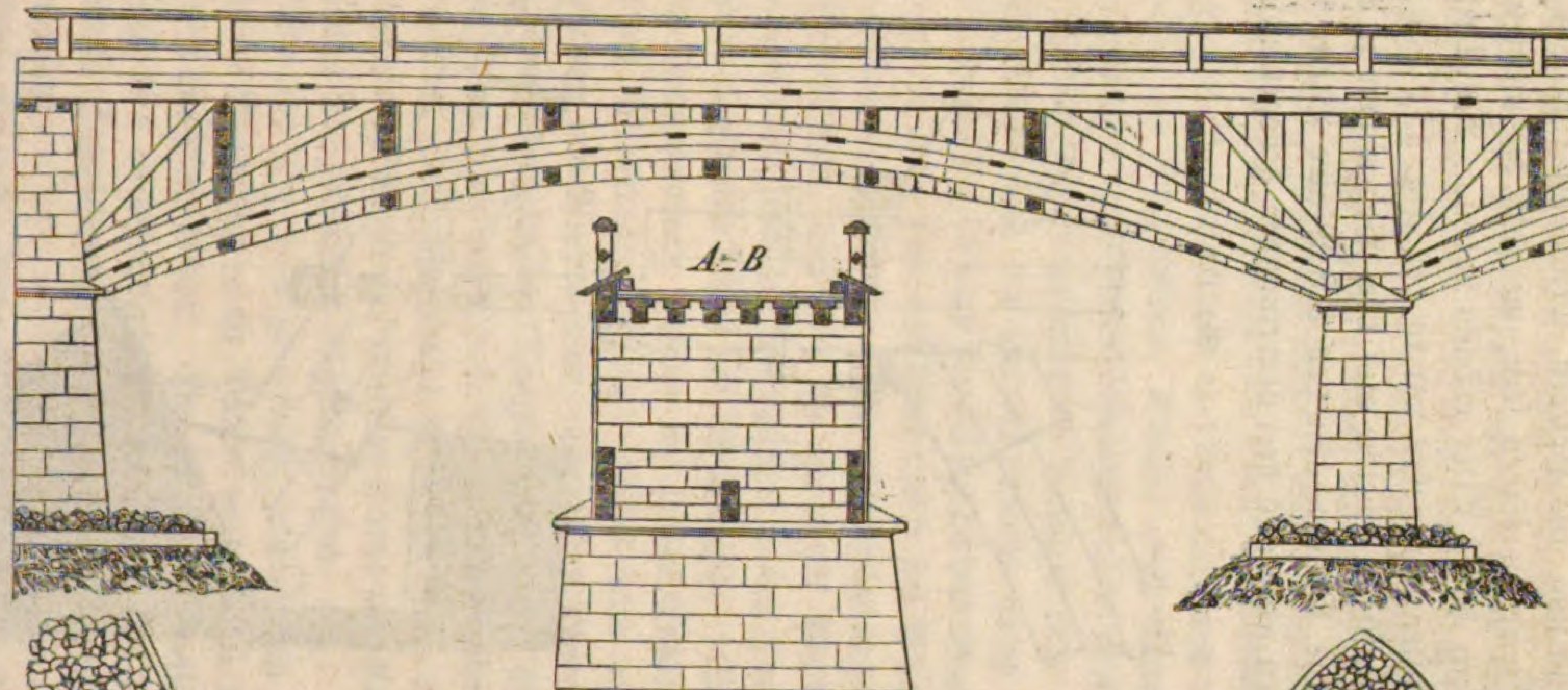


Fig. 179.

Fig. 180.

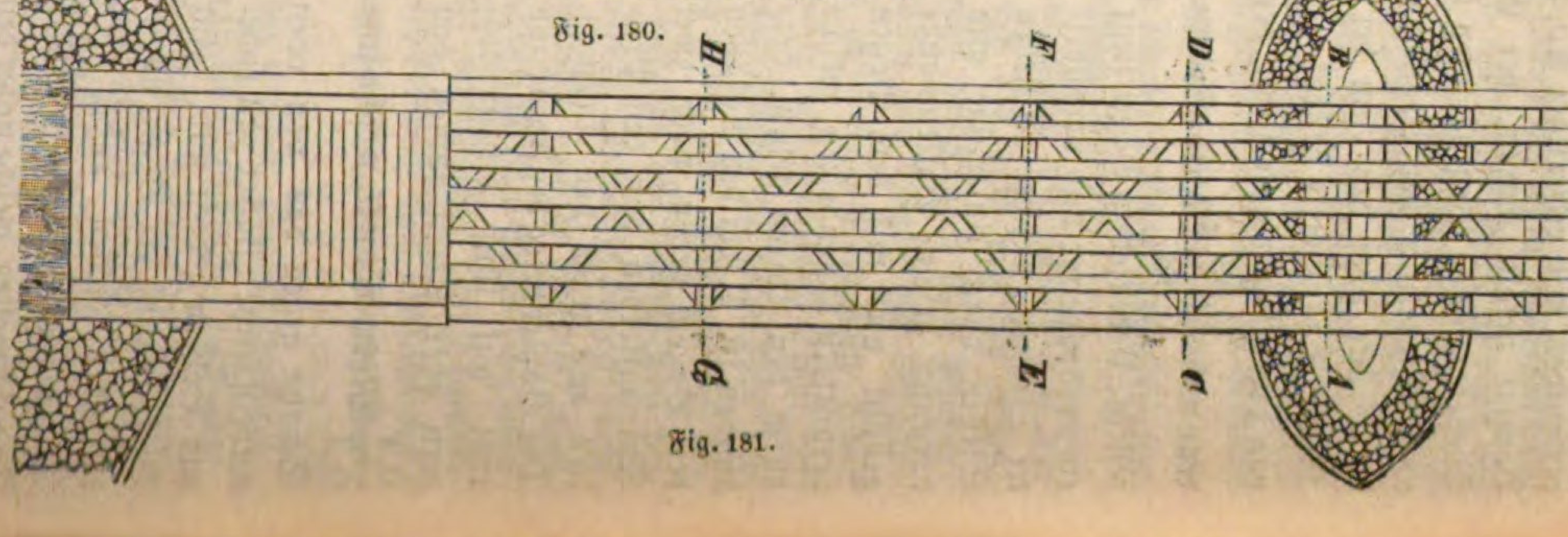


Fig. 181.

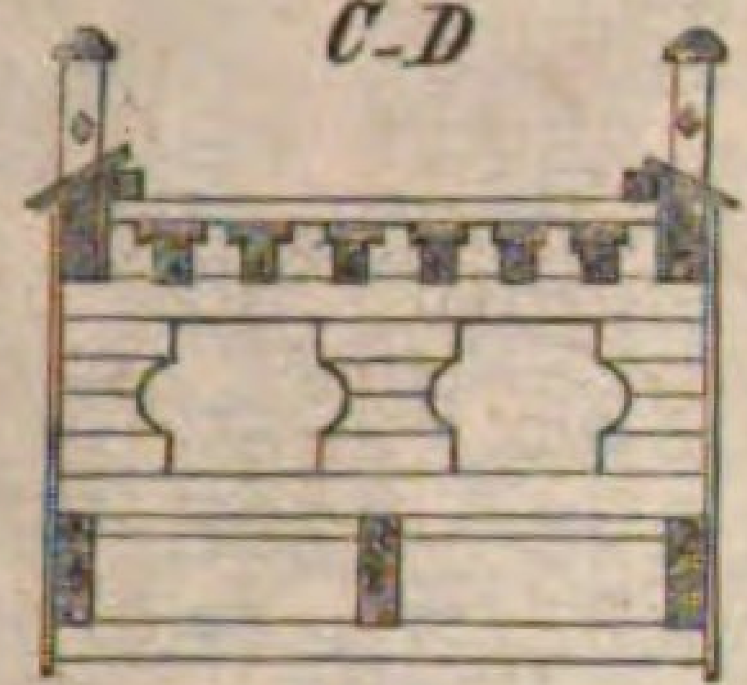


Fig. 182.

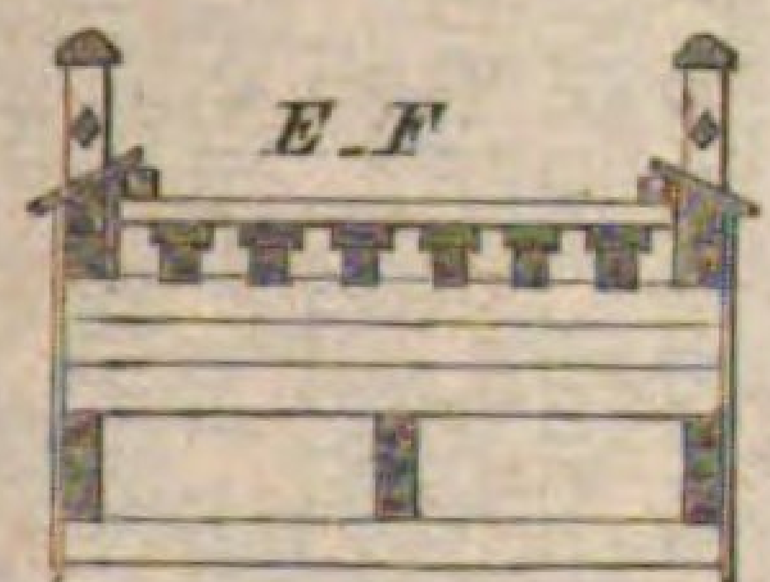


Fig. 183.



Fig. 184.

abgetragen werden, so daß zur Zeit nur noch wenige von Bedeutung bestehen. Auf der ersten russischen Eisenbahn von Petersburg nach Zarskoe-Selo ist eine Wiebeking'sche Brücke von 25 Mètre Spannweite mit sieben Tragbogen ausgeführt, welche eine wesentliche Verbesserung dieses Constructionssystems zeigt, die darin besteht, daß die Bogen, über dem höchsten Wasserstande angesetzt, nicht in vertieften Kammern auf Stützschwellen, sondern auf gußeiserne Schuhe gesetzt sind, und daß die Bogen mit dem, unmittelbar als Schlußbalken darüber liegenden, einfachen Tramen durch ein System von centrisch darüber gelegten Zangen zu einem Ganzen verbunden sind.

Wir geben in Fig. 185 die Ansicht und in Fig. 186 den Querschnitt dieser aus einer Oeffnung bestehenden Brücke, welche im Jahre 1836 über den Umfangskanal zu St. Petersburg ausgeführt wurde. Diese Brücke ist für ein doppeltes Geleise berechnet, so daß zur Unterstützung der Fahrbahn sieben Bogen, jeder aus dreifach übereinander gelegten gebogenen Hölzern bestehend, für nöthig erachtet wurden. Jeder Bogen ist durch fünfzehn doppelte Zangen, welche unten den Bogen, oben den Tramen umfassen, und in der Richtung der Radien des Bogens geführt sind, mit dem darüber liegenden Tramen, den Sattelhölzern und den unter die Sattelhölzer gesetzten Strebebügen vermittelst Bolzen verbunden. Eine Verspannung der Bogenrippen untereinander wird durch zwölf Gurten hergestellt, welche sowohl auf den Bogen als auf den Zangen überblattet sind. Die eigentlichen Straßenträger, auf welchen ein doppelter Bohlenbeleg angebracht ist, sind quer über die Tramen gelegt, wodurch die Belastung der Brücke auf alle Tragrippen gleichmäßig vertheilt wird.

In Frankreich sind ähnlich construirte Bogenbrücken ausgeführt worden, von denen wir die im dritten Jahrgange der „Allgemeinen Bauzeitung" beschriebene, aus fünf Bögen bestehende Brücke von Ivry über die Seine erwähnen.

Moller hat im fünften Hefte seiner „Beiträge zu der Lehre von den Constructionen" die nach seinen Entwürfen im Jahre 1836 ausgeführte Bogenbrücke über die Eder zu Battenfeld im Großherzogthum Hessen mitgetheilt; und wir geben seine Bemerkungen über einige Fehler der Bogenbrücken von Holz und seine Vorschläge zu ihrer Verbesserung hier wörtlich, zur Berichtigung der irrigen und selbst in Lehrbücher übergegangenen Behauptung, daß man die Vortheile dieser von Moller zuerst ausgesprochenen Verbesserungen schon längst in Amerika und der Schweiz erkannt habe. Ist es nicht unbegreiflich, wenn wir in Becker's Brückenbau eine auf Taf. VII. Fig. 5, 6, 7 und 8 dargestellte Bogenbrücke als eine Schweizerbrücke angeführt und dabei als eine verständige und zweckmäßige Construction empfohlen finden; während bei der flüchtigsten Betrachtung jeder Unbefangene und mit den Fortschritten des Constructionswesens in Deutschland vertraute Techniker sogleich darin die

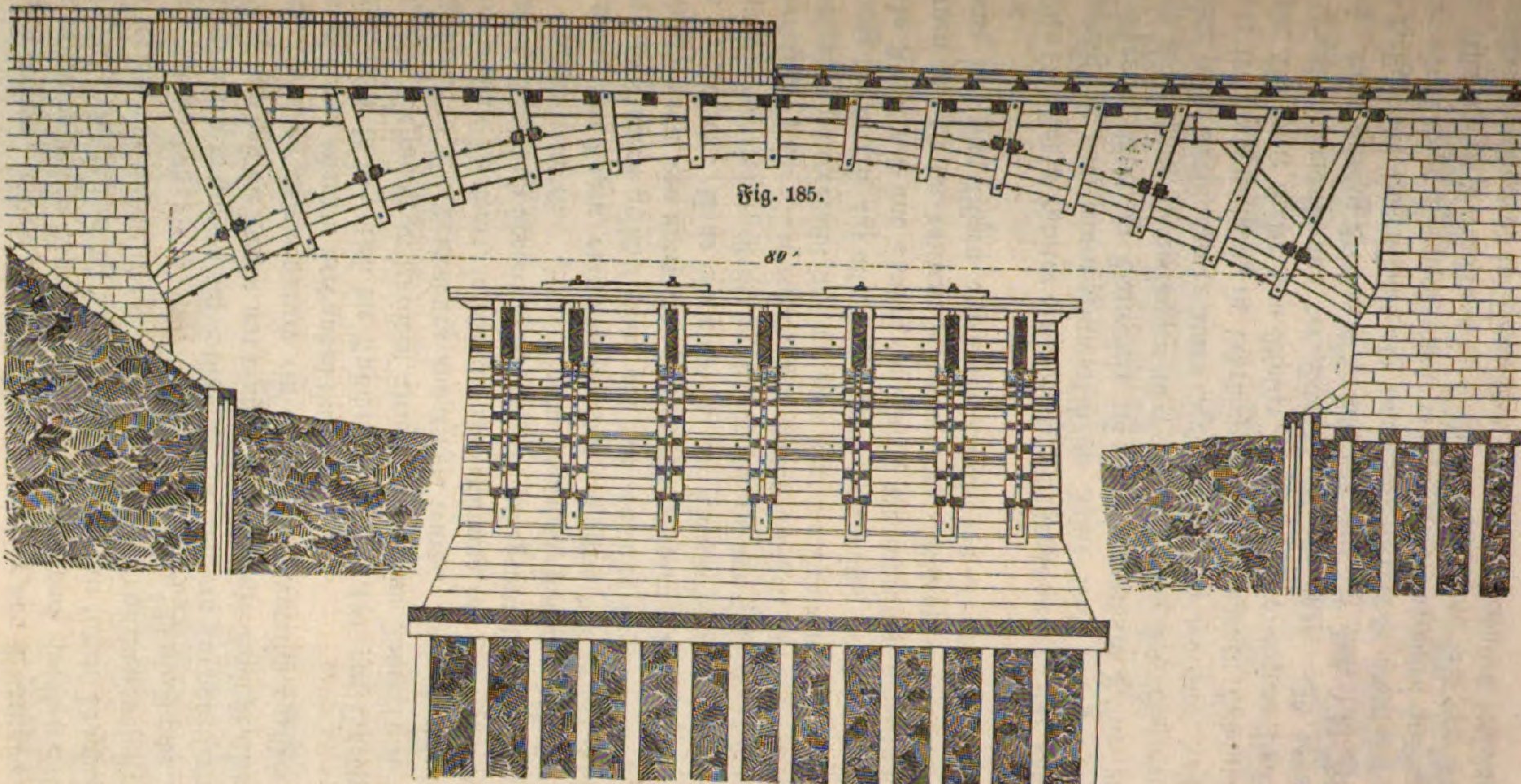


Fig. 185.

Fig. 186.

Ederbrücke Moller's erkennen muß, die schon im Jahre 1836 erbaut wurde und die er im fünften Hefte seiner „Beiträge" veröffentlicht hat.

Vor dem Baue der Ederbrücke waren in Deutschland nur Bogenbrücken nach Wiebeking's System zur Ausführung gekommen, und Moller hatte dieses Constructionssystem im Auge, indem er die nachfolgenden Bemerkungen niederschrieb:

„Diese Art Brücken, so wie sie in neuerer Zeit fast allgemein ausgeführt werden, bestehen bekanntlich aus mehrfach übereinander gelegten und miteinander verbundenen Holzstücken, welche entweder krumm gehauen, oder, nach Wiebeking'scher Methode, gebogen sind. Nach dieser Constructionsweise sind in verschiedenen Ländern viele Werke ausgeführt worden, unter denen ich nur die Brücken zu Passy, zu Ivry und die de la Cité zu Paris, sowie in Rußland auf der Straße von Petersburg nach Moskau und die bekannten in Deutschland ausgeführten Brücken anführe.

Die kurze Dauer, welche alle diese Brücken haben (soviel mir bekannt, ist von den Wiebeking'schen Brücken keine einzige mehr vorhanden), rührt vornehmlich von folgenden Fehlern her:

1. Die Bogenhölzer liegen unmittelbar aufeinander; das in die Fugen eindringende Regenwasser kann also nicht leicht verdunsten und hält das Holz beständig feucht. Die Reparatur wird hierdurch sehr schwierig, weil

2. schadhafte Bogenhölzer bei dieser Construction nicht leicht erkannt, herausgenommen und durch andere ersetzt werden können, ohne die ganze Bogenrippe auseinander zu nehmen.

3. Die Bogenrippen stecken unterhalb im Mauerwerk, so daß durch das herabfließende Regenwasser beständige Feuchtigkeit und, als Folge davon, unfehlbar die Fäulniß des Holzes erzeugt wird.

4. Das Steinpflaster, womit die Fahrbahn gewöhnlich belegt wird, hält die Balken ebenfalls feucht, indem sie das Eindringen des Regenwassers zuläßt, das Austrocknen aber hindert.

Obgleich es eine allgemein bekannte Regel ist, das Holz, um es zu erhalten, vor Fäulniß zu bewahren, dagegen dem Luftzuge auszusetzen, so wird doch bei den meisten Bogenbrücken das entgegengesetzte Verfahren angewendet, indem die Macht der Gewohnheit so groß ist, daß selbst ausgezeichnete Baumeister, die überdies als Gelehrte einen Namen haben, wie Gothey u. A., doch in dieselben oben erwähnten Fehler fallen.

Der unvollkommene Stand dieses Theiles der Brückenbaukunst ist um so auffallender, da die alten Römer uns das Vorbild einer Construction hinterlassen haben, welche nur geringer Modification bedarf, um Alles zu leisten, was man von diesem Material erwarten kann. Es ist hier von der hölzernen Brücke die Rede, welche der Kaiser Trajan in Ungarn über die

Donau schlagen ließ, und deren Abbildung sich auf der zu Ehren dieses Kaisers in Rom errichteten Säule befindet. Obgleich fast in allen Werken über Brückenbau dieselbe angeführt und gelobt wird, so hat man doch die eigentlichen Vorzüge dieser Anordnung bisher weder hervorgehoben noch nachgeahmt. Dieselbe unterscheidet sich von unsern neuen Bogenbrücken dadurch, daß:

1. die Hölzer der Bogenrippen nicht unmittelbar aufeinander liegen;

2. daß ihre untern Theile nicht in die Mauer gehen, sondern auf dem Mauerwerk ruhen.

Diese Anordnung gewährt folgende Vortheile:

1. Die Festigkeit wird dadurch größer ohne Vermehrung der Masse und des Gewichts, da dieselbe im Verhältniß der Höhe des senkrechten Durchschnitts der Bogenrippe zunimmt.

2. Die Dauer der Brücke wird verlängert, indem die Holzstücke der Bogenrippen nicht unmittelbar aufeinander liegen, mithin die Luft ungehindert hinzutreten, und das Holz, wenn es naß geworden ist, jedesmal leicht wieder trocknen kann.

3. Die Reparatur ist weit leichter, indem einzelne schadhafte Hölzer herausgenommen und durch andere ersetzt werden können, ohne daß die ganze Construction auseinander genommen werden muß."

Nachdem Moller hiernächst seine Ansichten über die Dächer auf Brücken ausgesprochen, giebt er folgende Beschreibung der nach seinen Entwürfen ausgeführten Ederbrücke:

Diese soeben erwähnten Rücksichten dienten bei dem Bau der Ederbrücke zur Richtschnur, und dieselbe erhielt demnach folgende Anordnung:

Sie besteht aus zwei Bogen von 120 Fuß (30 Mètre) Weite und 11 Fuß (2,75 Mètre) Pfeilhöhe. Der Mittelpfeiler ist 14 Fuß (3,5 Mètre) breit und, sowie die Landpfeiler, von gehauenen Sandsteinen aus den Brüchen bei Göttingen und Münchhausen, unweit Marburg, ausgeführt. Alle drei Pfeiler sind auf Felsen gegründet und so hoch, daß der Fuß der Bogen noch über dem höchsten Wasserstande bleibt, was bei hölzernen Brücken immer der Fall sein sollte.

Die Fahrbahn nebst Trottoirs hat, zwischen den Geländern gemessen, eine Breite von 35 Fuß (8,75 Mètre) und wird von fünf Bogenrippen getragen, welche 8 Fuß von Mitte zu Mitte entfernt sind. Jede Bogenrippe besteht aus drei Bogenbalken von 11 Zoll Stärke im Quadrat, welche aber nicht gebogen, wie an den Wiebeking'schen Brücken, sondern krumm gehauen sind. Der Zwischenraum von einem Holz zum andern beträgt 8 Zoll, so daß also die ganze Bogenrippe eine Höhe von 49 Zoll hat. Die einzelnen Bogenbalken der Bogenrippen sind 39 Fuß lang und werden, in der Entfernung von

13 zu 13 Fuß, durch doppelte Zangen und durch Querriegel auseinander gehalten. Außerdem sind auf jeder Seite der Zangen lange Schrauben angebracht, wodurch beim Zusammentrocknen den Hölzern die erforderliche Spannung gegeben werden kann.

In dem Querschnitte Fig. 3 ist ersichtlich, auf welche Weise die Holzstücke, sowohl des Daches, als des Brückenbogens, gegen jede Verschiebung gesichert sind.

Da bei allen sehr großen Brücken von Holz die starke Pressung der Stirnen der Bogenbalken gegeneinander nachtheilig wirkt und namentlich das Einziehen neuer Hölzer erschwert, so hat man bei dieser Construction den hintern Theil der Bogenrippen durch Anker, welche abwärts in die Widerlager gehen, dergestalt befestigt, daß, wenn man sich die Hälfte der Brücke als einen großen Hebel mit ungleichen Armen denkt, welcher bei *g* aufruht, die Momente gleich sind, so daß der kurze Hebelarm *hg* dem längeren Hebelarm *gi* vollkommen das Gleichgewicht hält.

Die Ausführung leitete der Großherzogliche Kreisbaumeister Herr Stockhausen. Soweit Moller über die Bogenbrücke bei Battenfeld.

Wir geben nach den Originalzeichnungen Moller's in Fig. 187 die Ansicht von einem Bogen und in Fig. 188 den Querschnitt dieser Brücke, nebst der Ansicht und dem Durchschnitte von der Zangenverbindung der Bogenrippen unter dem Tramen, worauf die quergelegten Straßenträger ruhen, Fig. 189 und 190 in größerem Maaßstabe. Der Tramen ist einfach und an seinen Enden durch Sattelhölzer mit untergesetzten Streben verstärkt. Die Bogenrippen sitzen auf hölzernen Schuhen, welche auf der Abdachung eines Vorsprungs der Landpfeiler und bei dem Mittelpfeiler auf den beiderseitigen Abdachungen der auf die ganze Breite des Pfeilers verlängerten Mauerhaube derart ruhen, daß fünf Mauerschwellen unter die Schuhe gelegt sind, welche die letzteren untereinander verbinden und den Druck auf die Mauern gleichmäßig vertheilen.

Wenn wir Etwas an dieser Brückenconstruction auszusetzen hätten, so wäre es die Anordnung der unmittelbar auf die Mauerabdachung der Brückenpfeiler gelegten Mauerschwellen, indem diese Schwellen dem Abfluß des Wassers hinderlich sind; doch könnte dieser Nachtheil leicht dadurch beseitigt werden, daß zwischen den Lagern der Schuhe die Abdachung etwas vertieft ausgearbeitet und dadurch das Schwellenholz frei gelegt würde.

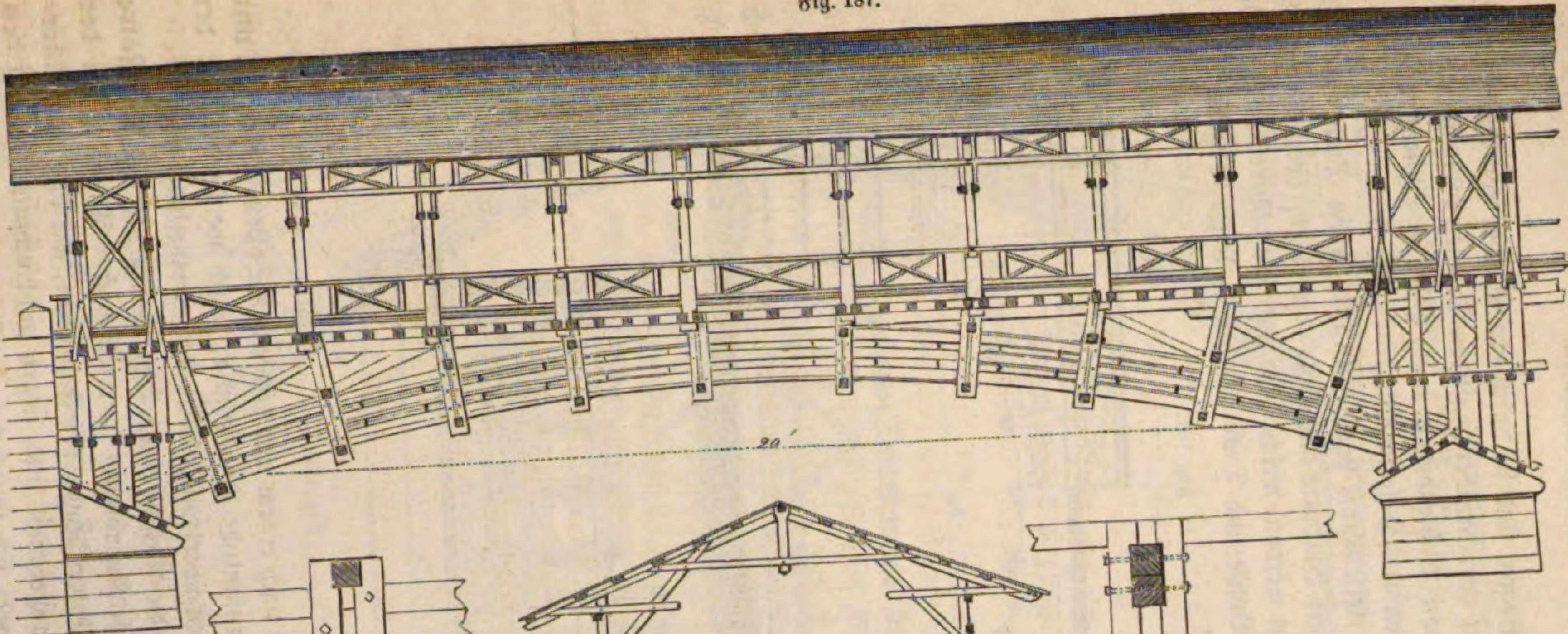
Die auf beiden Seiten der Bogenrippen angebrachten doppelten Zangen, welche den Bogen mit dem Tramen verbinden, sind in centrischer Richtung zum Bogen geführt, wodurch die Belastung der Fahrbahn gleichmäßig auf den Bogen wirkt, und es sind die stumpfen Stöße der Holzstücke, welche den Bogen bilden, in der Entfernung dreier Zangenfelder abwechselnd, immer zwischen den

doppelten Zangenpaaren angebracht, so daß die beiden Enden derselben mit den Zangen verbolzt sind. Werden die Bogenhölzer schon durch ihre Verbolzung mit den Tragezangen ihrer Länge nach verspannt, so sind außerdem noch, wie aus Fig. 189 zu ersehen, die Längehölzer unter sich und mit den Zwischensätzen ihrer Höhe nach durch zwei Schrauben zunächst der Zangenverbindung zusammengehalten. Die Muttern dieser Schrauben sitzen auf einer gemeinsamen Unterlagplatte, damit dieselben bei eintretendem Schwinden der Hölzer fest angezogen werden können, ohne sich in das Holz zu pressen. Von den Schuhen der Bogenanfänge sind die Enden der Tramen und Sattelhölzer durch senkrechte Pfosten unterstützt, welche als doppelte Zangen die Schuhe, das Sattelholz und den Tramen umschließen, und welche unter sich und mit den Wänden der anderen Tragrippen durch horizontale Zangengurten und darauf gesetzte Kreuzbüge zu einem unveränderlichen Ganzen verbunden sind. Die Ueberdachung der Brücke ist aus dem Querschnitte Fig. 188, sowie aus der Längenansicht Fig. 187 zu ersehen und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Was die Verspannung der Brücke gegen horizontale Verschiebung betrifft, so ist dieselbe durch die, sowohl oberhalb, als unterhalb der Bogen umschlossenen horizontalen Zangengurten, und weiter durch ein System von Strebebügen erreicht, welches über den Bogen auf die Zangengurten gelegt und mit denselben verschraubt ist. Sämmtliche Constructionstheile bestehen aus Eichenholz. Die Bedachung wurde im Jahre 1842 abgetragen, und so steht die Ederbrücke Moller's heute noch im besten Zustande.

Erst nachdem die Ederbrücke erbaut und deren Construction durch Moller in seinen „Beiträgen zu der Lehre von den Constructionen" bereits veröffentlicht war, traten Bogenconstructionen ähnlicher Art beim Brückenbau auf. Die Murgbrücke bei Rastatt auf der badischen Eisenbahn, aus fünf Oeffnungen von 12 Mètre Spannweite bestehend, stellt eine Bogenbrücke dar, bei welcher die Tragrippen, auf denen die Längeschwellen der Schienengeleise ruhen, aus Bohlenbogen, nach dem Funk'schen System construirt, bestehen, während die äußeren, zur Unterstützung der die Fahrbahn ihrer Breite nach abschließenden Tramen dienenden Bogen, ganz auf dieselbe Weise construirt sind, wie die Bogen der Moller'schen Ederbrücke, mit der Abweichung jedoch, daß die Bogen nicht auf freiliegenden Holzschuhen, sondern auf in die Mauer vertieft angebrachten Eisenschuhen ansitzen.

Die übereinstimmende Anordnung der Bogenrippen geht aus der Ansicht eines äußeren Bogens dieser in Fig. 191 dargestellten Murgbrücke hervor. Die inneren Bogenrippen, welche, wie aus dem Querschnitte Fig. 192 zu ersehen, im Scheitel ebenso, wie die äußeren Bogen, unmittelbar unter dem Tramen sitzen, bestehen aus vier Lagen Bohlen von 0,06 Mètre Dicke und 0,75 Mètre Höhe, welche durch Bolzen miteinander verbunden sind. In ähnlicher

Fig. 187.



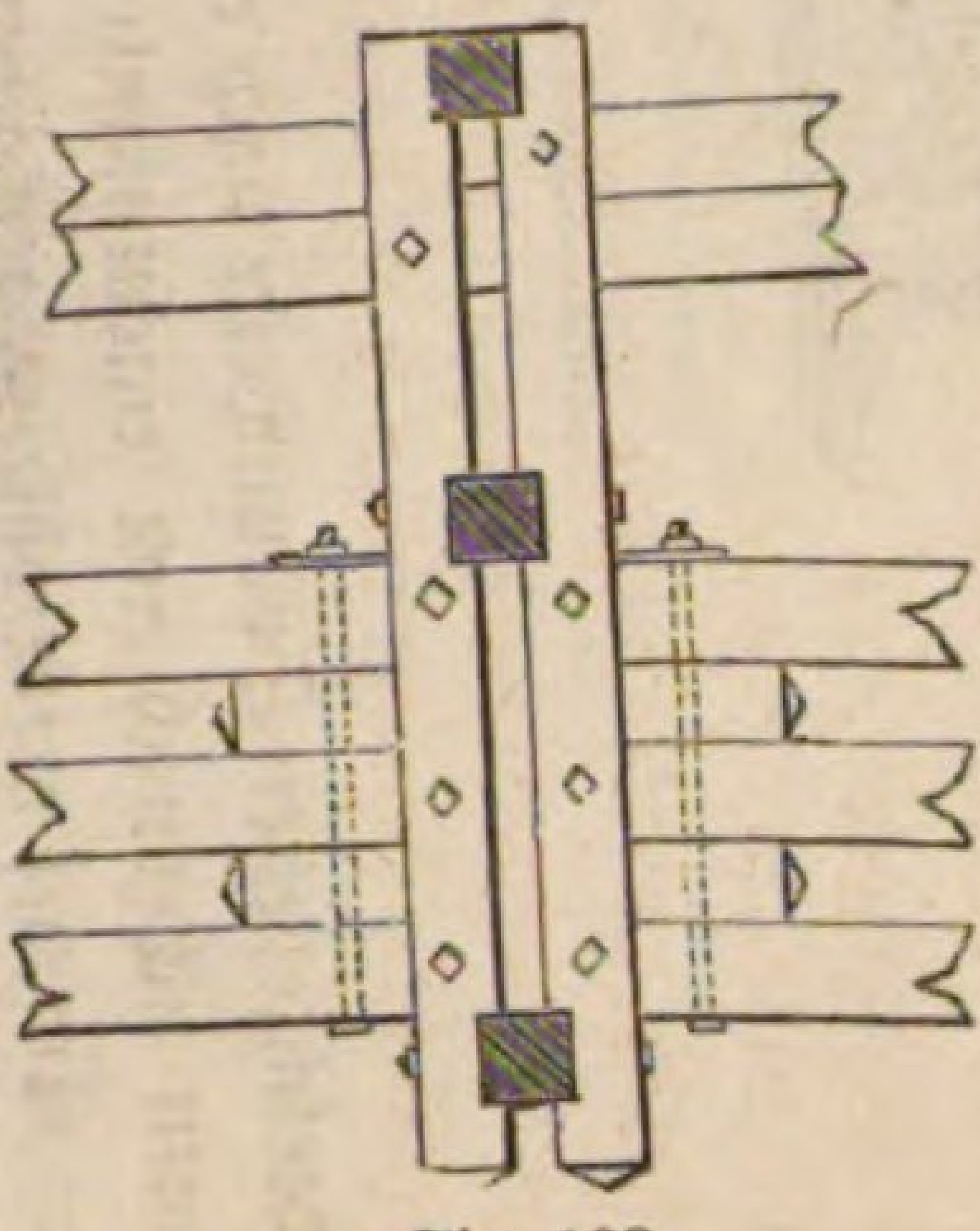


Fig. 188.

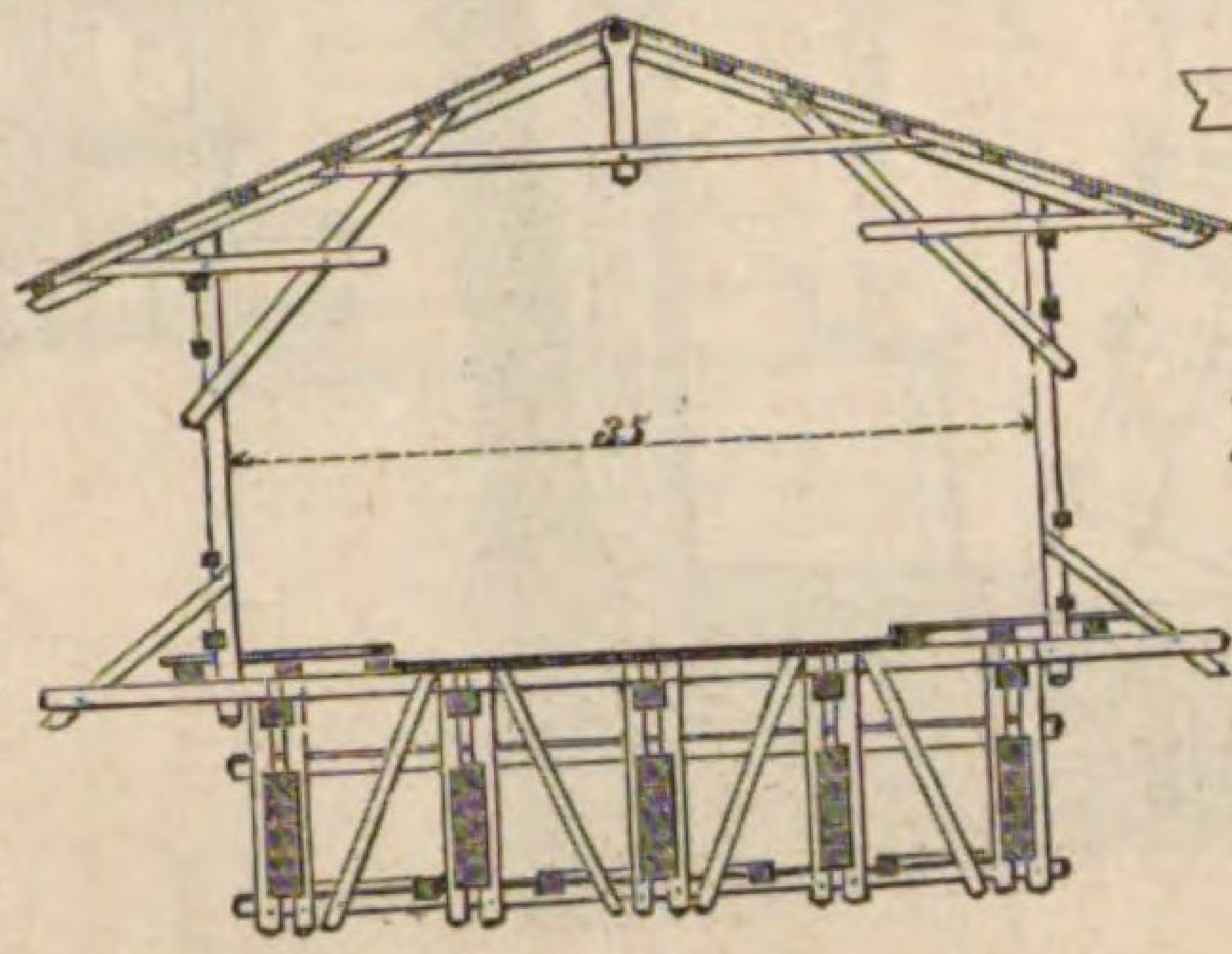


Fig. 189.

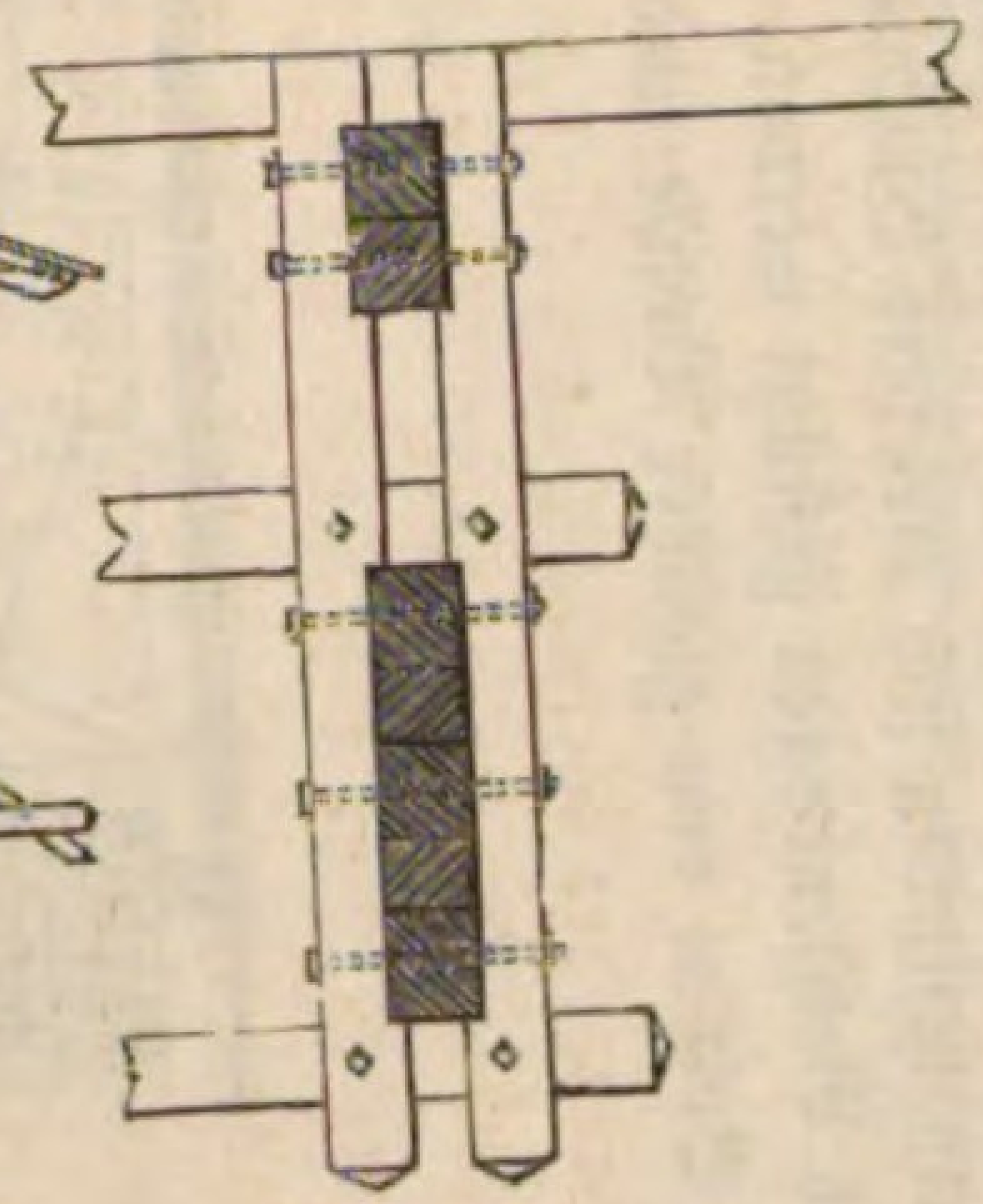


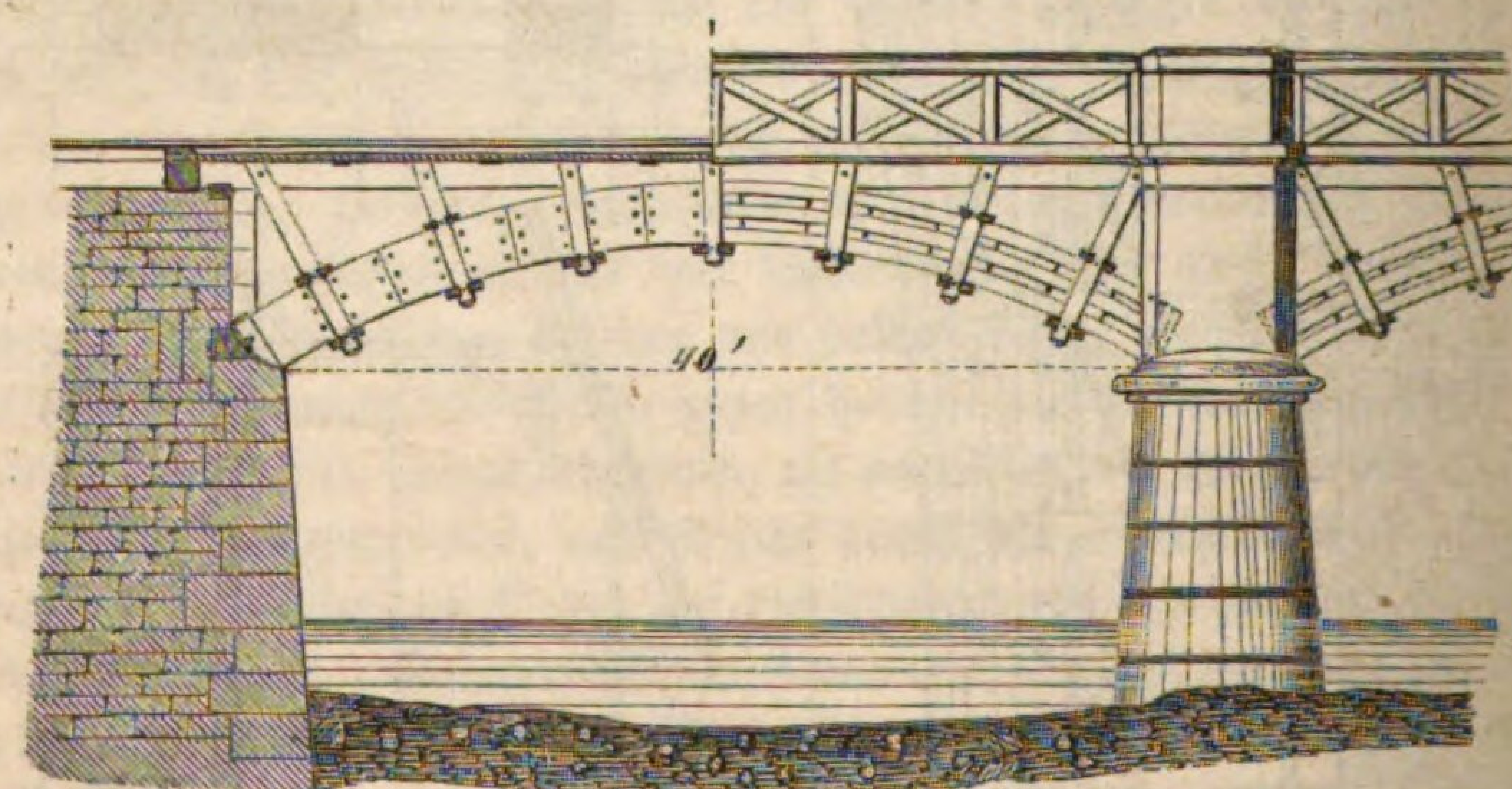
Fig. 190.

Weise, wie die äußeren Bogen, sind sie durch ein System von centrisch geführten doppelten Zangen mit dem darüber liegenden Tramen verbunden.

Die Anwendung von Bohlenbogen nach Emy's System hat zu den kühnsten Brückenbauwerken aus Holz geführt.

Auf der englischen Eisenbahn von Newcastle upon Tyne nach Tynemouth befinden sich mehrere Viaducte aus Holz construirt, deren Fahrbahnen durch Bohlenbogen gestützt werden, welche aus mehrfach übereinander gebogenen Bohlen von gleicher Breite und Dicke bestehen. Diese Bogenbrücken sind

Fig. 191.



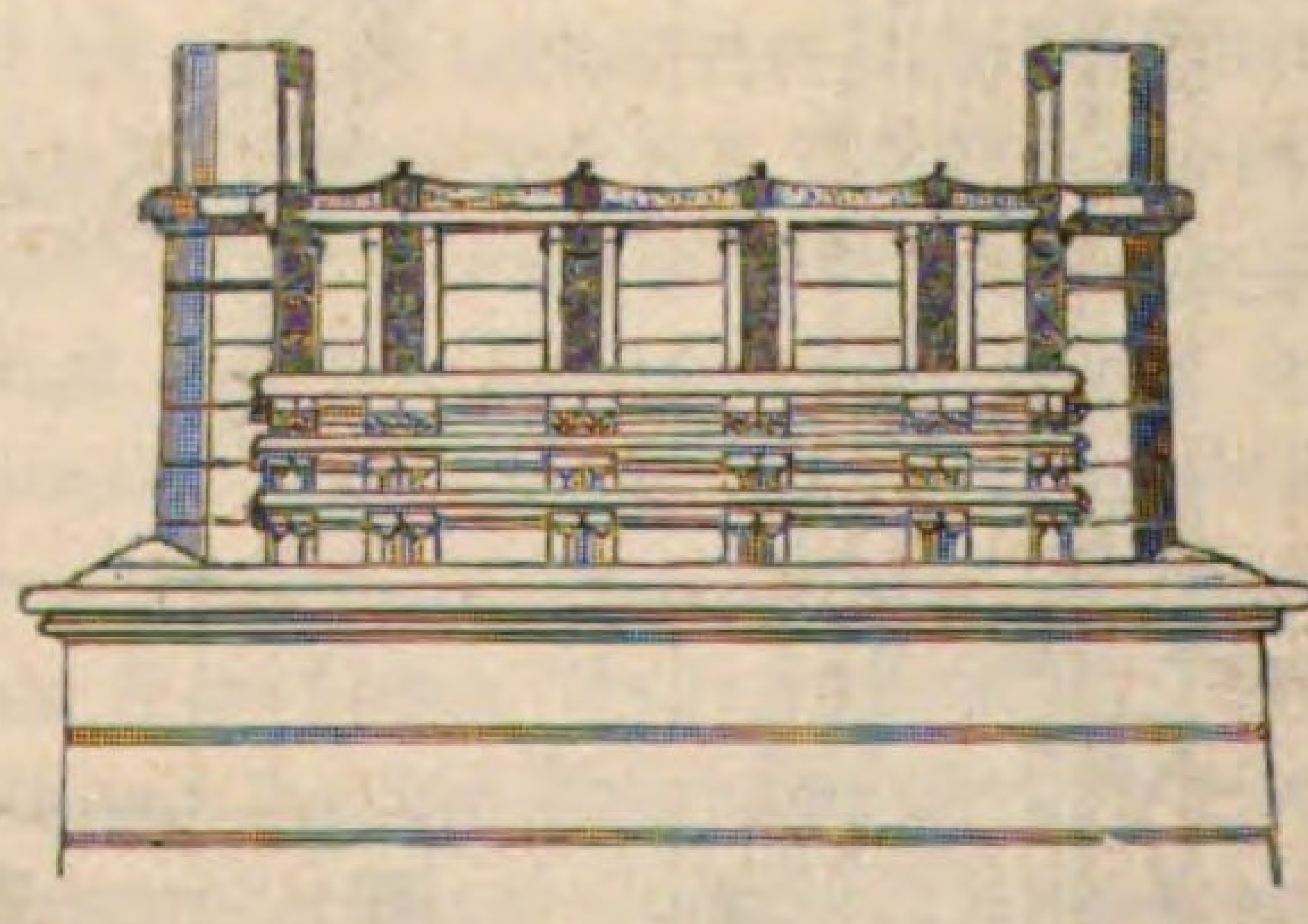


Fig. 192.

bei verschiedener Spannweite nach einem und demselben System construirt, und zeichnen sich durch eine eigenthümliche Anordnung, durch welche die Last der Fahrbahn auf die Bohlenbogen übertragen wird, sehr vortheilhaft aus.

Wir geben in Fig. 193 die Ansicht eines Bogens von 35 bis 38 Mètre Spannweite, aus welchem diese Anordnung zu ersehen ist. Die Tramen der Bogenrippen, deren drei zur Unterstützung der Fahrbahn, wie aus dem Querschnitte Fig. 194 zu ersehen, angebracht sind, liegen nicht unmittelbar auf den Bohlenbogen, sondern es befindet sich zwischen dem Bogen und dem Tramen

Fig. 193.

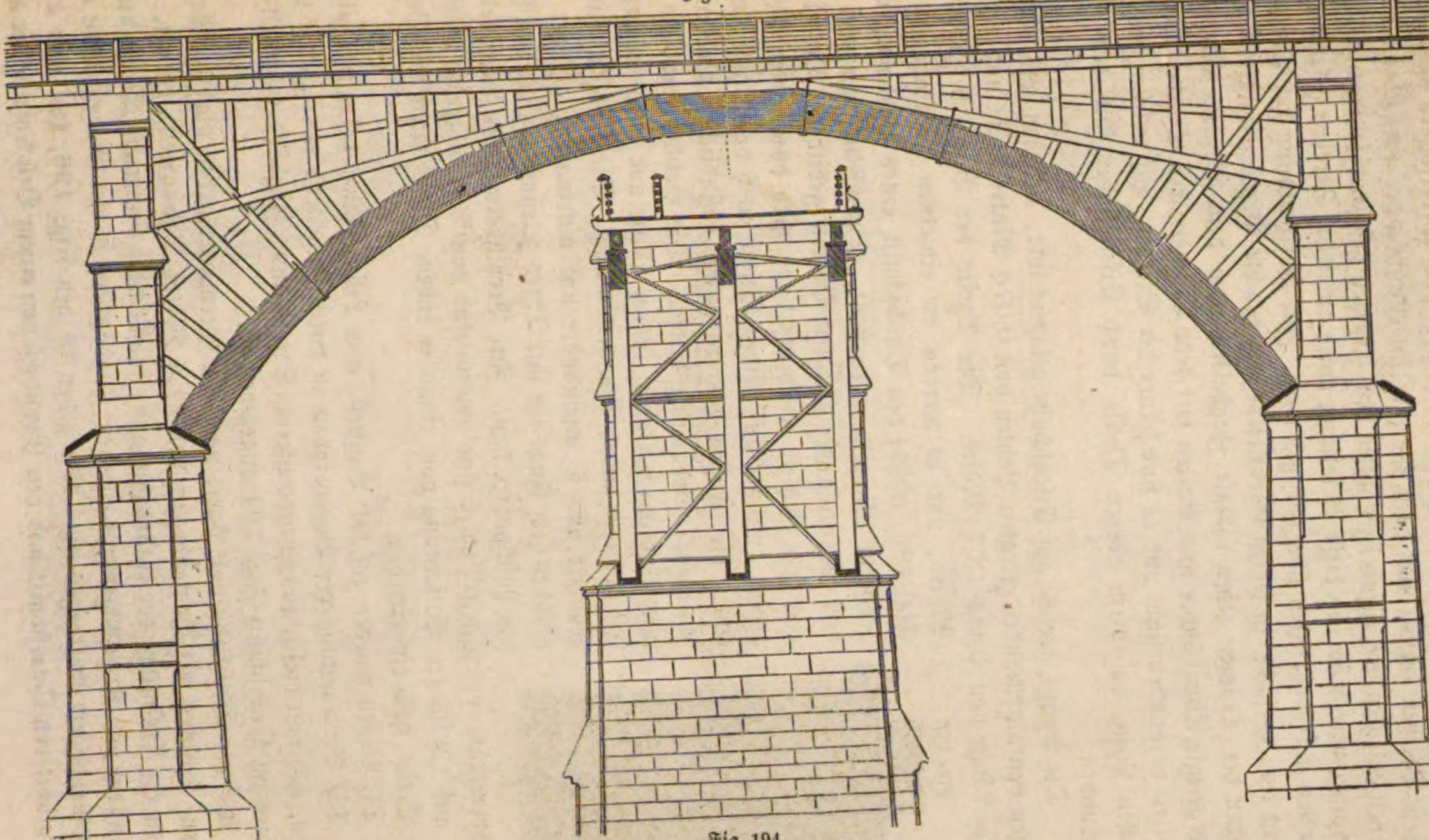
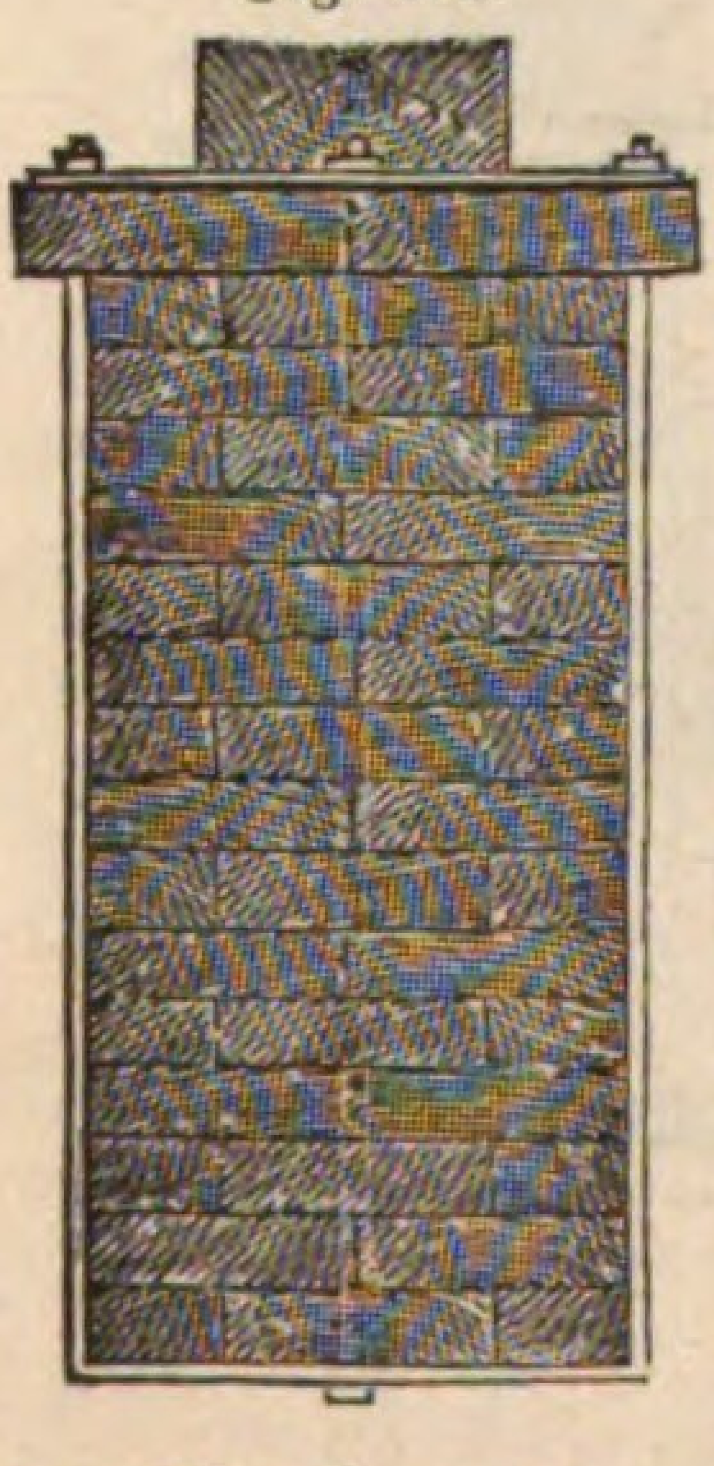


Fig. 194.

ein Spannriegel, gegen welchen Streben von den Widerlagern aus ansitzen. Diese Streben dienen nun dazu, die zur Unterstützung der quer über die Tragrippen gelegten Straßenträger unter den Tramen gesetzten senkrechten Pfosten aufzunehmen, während diese Belastung durch unter die Streben gesetzte radiale Pfosten auf den Bogen übergetragen wird. Zur Verspannung der Tragpfosten dient eine einfache, in jedem Giebelfelde angebrachte Verriegelung. Von den Enden der Tramen gehen radiale Zugbalken nach dem Bogen, welche durch übergelegte Eisenbänder und Bolzen mit dem Tramen, den Streben und dem Bolzen verbunden sind, und es sind ferner die Streben, auf welchen die Tragpfosten sitzen, an ihrem oberen Theile durch Eisenbänder mit dem Bogen verbunden.

Die Bogen, welche auf Eisenschuhe gelagert sind, bestehen aus fünfzehn Lagen von aufeinander gelegten Bohlen von 0,076 Mètre Dicke und verschiedener Länge von 6 bis 13,7 Mètre. Die Breite der Bogen beträgt 0,56 Mètre, und es werden die einzelnen Bohlenbogen nach Fig. 195, welche den Durchschnitt eines Bohlenbogens in größerm Maaßstabe darstellt, abwechselnd von zwei und drei nebeneinander gelegten Bohlen gebildet. Die oberste aus drei Bohlen bestehende Lage wird durch einen Bohlen gedeckt, welcher auf beiden Seiten noch vorspringt und so eine, die Fugen der darunter befindlichen Bohlenlage schließende Bedachung bildet. Die Bohlenlagen sind abwechselnd durch Bolzen in der Mitte und durch umgelegte Eisenbänder unter sich verbunden. Die Bohlen wurden gehobelt und so aneinander und aufeinander gefügt, daß zwischen jede Fuge ein mit Theer getränktes Blatt von starkem Löschpapier kam. Zur Verhinderung des Verschiebens der übereinander gelegten Bohlen sind abwechselnd von Bohlenlage zu Bohlenlage auf 1,2 Mètre Entfernung von einander eichene Dübel durch die Bogen ihrer Breite nach eingetrieben.

Fig. 195.



Die Bogen wurden auf der Baustelle über Lehrgerüsten zusammengesetzt.

Die Verspannung der Bogenrippen ist durch Zugeisenbänder für je zwei Bogen, und von diesen ausgehende eiserne Strebe- und Zugbänder hergestellt, wie dies im Querschnitt Fig. 194 angegeben ist.

Auf der Eisenbahn von Paris nach St. Germain wurden über die Seine hölzerne Brücken mit Bohlenbogen von 31,8 Mètre Spannweite erbaut, bei welchen die Belastung der Fahrbahn auf einfache aber sinnreiche Weise durch ein System von Kreuzbügen mit eisernen Zugbändern in den Giebelfeldern auf die Bohlenbogen übertragen ist. Wir geben in den Fig. 196, 197 und 198 die Ansicht, den Querschnitt und den Grundriß von einem Brückenfelde der aus

Fig. 196.

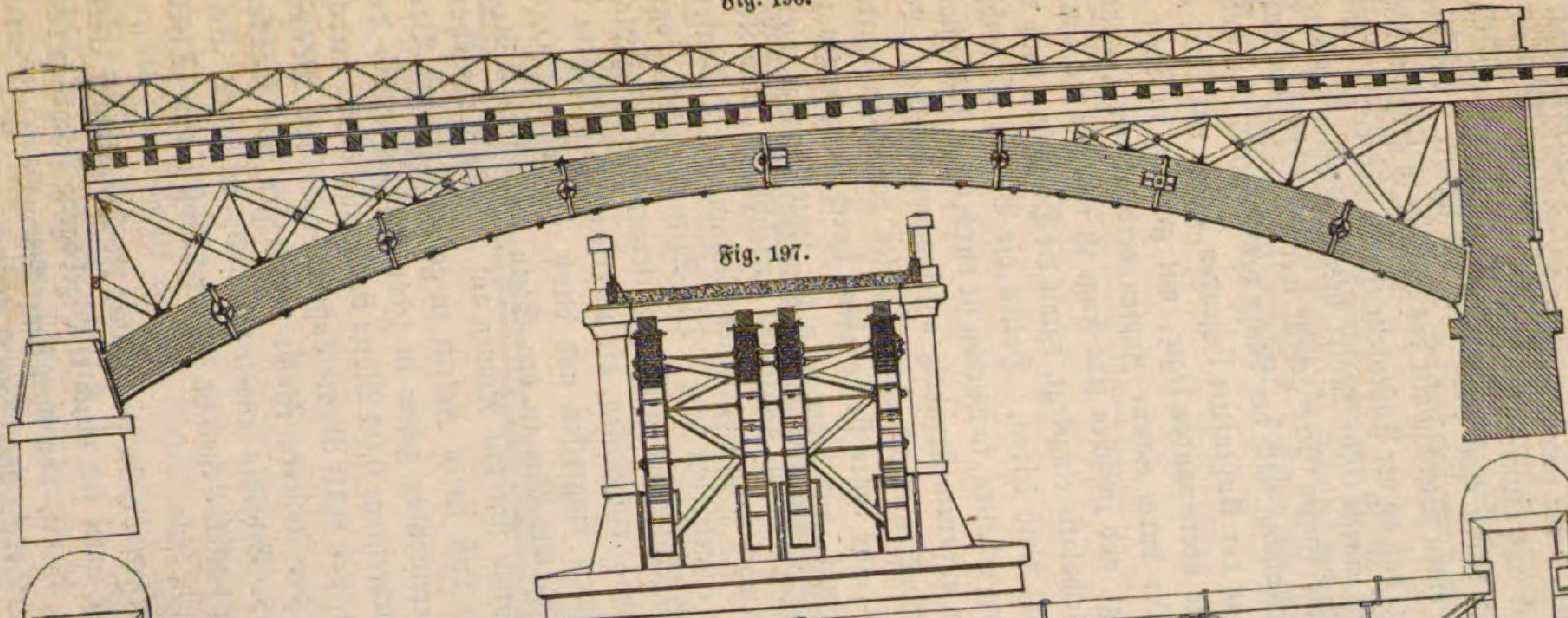


Fig. 197.

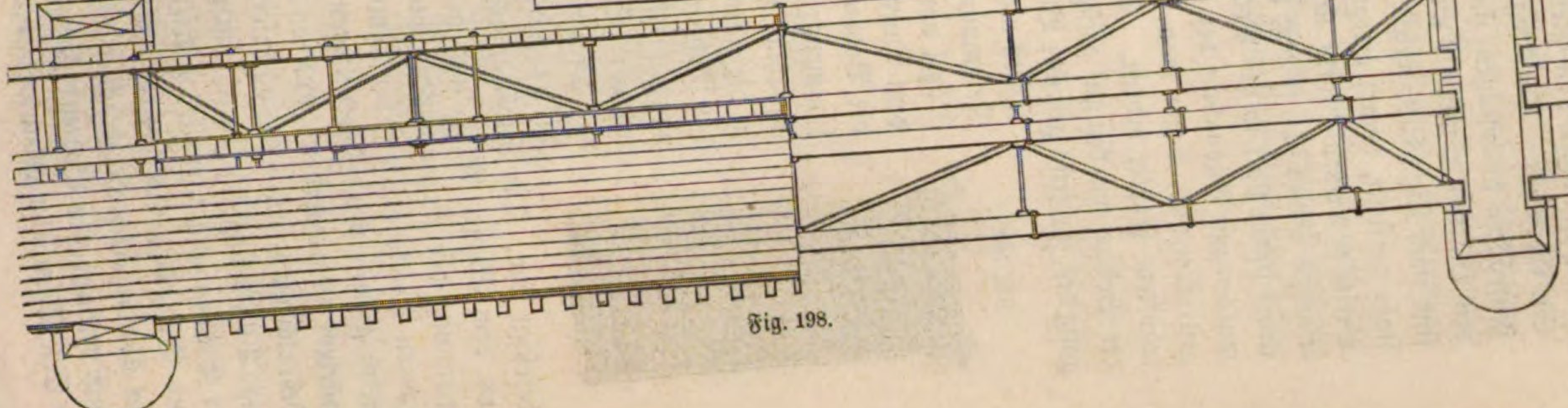


Fig. 198.

drei Oeffnungen von gleicher Spannweite bestehenden Bohlenbogenbrücke bei St. Germain. Die Bogen, deren vier die Fahrbahn mit quer gelegten Straßenträgern unterstützen, sind aus tannenen Bohlen in 15 übereinander liegenden Blättern construirt und haben eine Höhe von 1,2 Mètre. Die Bohlen sind nach Fig. 199, welche einen Durchschnitt des Bogens in größerem Maaßstabe darstellt, derart gelegt, daß an der Außenseite ein Bohlen von 0,15 Mètre Breite des einen Blatts mit einem 0,30 Mètre breiten Bohlen des anderen Blattes abwechselt, so daß die Fugen stets gedeckt werden. Dieselbe Anordnung findet statt in der Verbindung nach der Länge des Bogens. Die Bohlen wurden mit Ausnahme der an der Außenseite liegenden Theile mit Theer angestrichen und, bevor man sie übereinander legte, mit grobem, in Theer getränktem Papier bedeckt. Die durch eichene Zapfen verbundenen Hirnenden der Bohlen wurden gut gefügt, und zwischen jede Fuge ist eine für den Durchgang des Zapfens gelochte Blechplatte eingelegt, damit die Holzfasern durch den Druck nicht Noth leiden. Hatten die Bohlen die nöthige Krümmung erhalten, so wurden sie durch 0,04 Mètre starke Nägel von eichenem Kernholz aufeinander befestigt. Vor dem Durchbohren irgend eines Theiles der Bogen wurden die Bohlen, aus denen sie bestehen, durch Keilzwingen zusammengepreßt, und bevor man die letzte Zwinge wieder abnahm, mußten alle Holznägel eingeschlagen, und Keile in dieselben nach entgegengesetzter Richtung der Holzfasern der Bohlen eingetrieben sein. Die Stirnenden der Bogen wurden 0,10 Mètre tief in die gußeisernen Widerlagsplatten oder Schuhe eingelassen, die ihrerseits 0,07 Mètre in das Mauerwerk eingreifen und durch acht eiserne 0,03 Mètre starke, mit Blei in den Stein vergossene Bolzen befestigt sind. Die Widerlagsplatten sind mit Rinnen auf der Seite versehen, um dem Wasser Abzug und der Luft freien Zutritt zu gestatten. Zur Verspannung der Bogenrippen untereinander gehen in jeder Bogenaxe nach der ganzen Brückenbreite sieben schmiedeeiserne 0,04 Mètre starke Zugbänder durch, die in gußeisernen Röhren liegen, von 0,10 Mètre äußerem und 0,05 Mètre innerem Durchmesser, und an der äußeren Fläche der Bogen mit starken Schraubenmuttern über gußeiserne Scheiben angezogen sind, wie dies aus Fig. 200, welche den Durchschnitt zweier Bogen im Scheitel nebst einem Theil der Brückenbahn darstellt, zu ersehen ist.

Fig. 199.

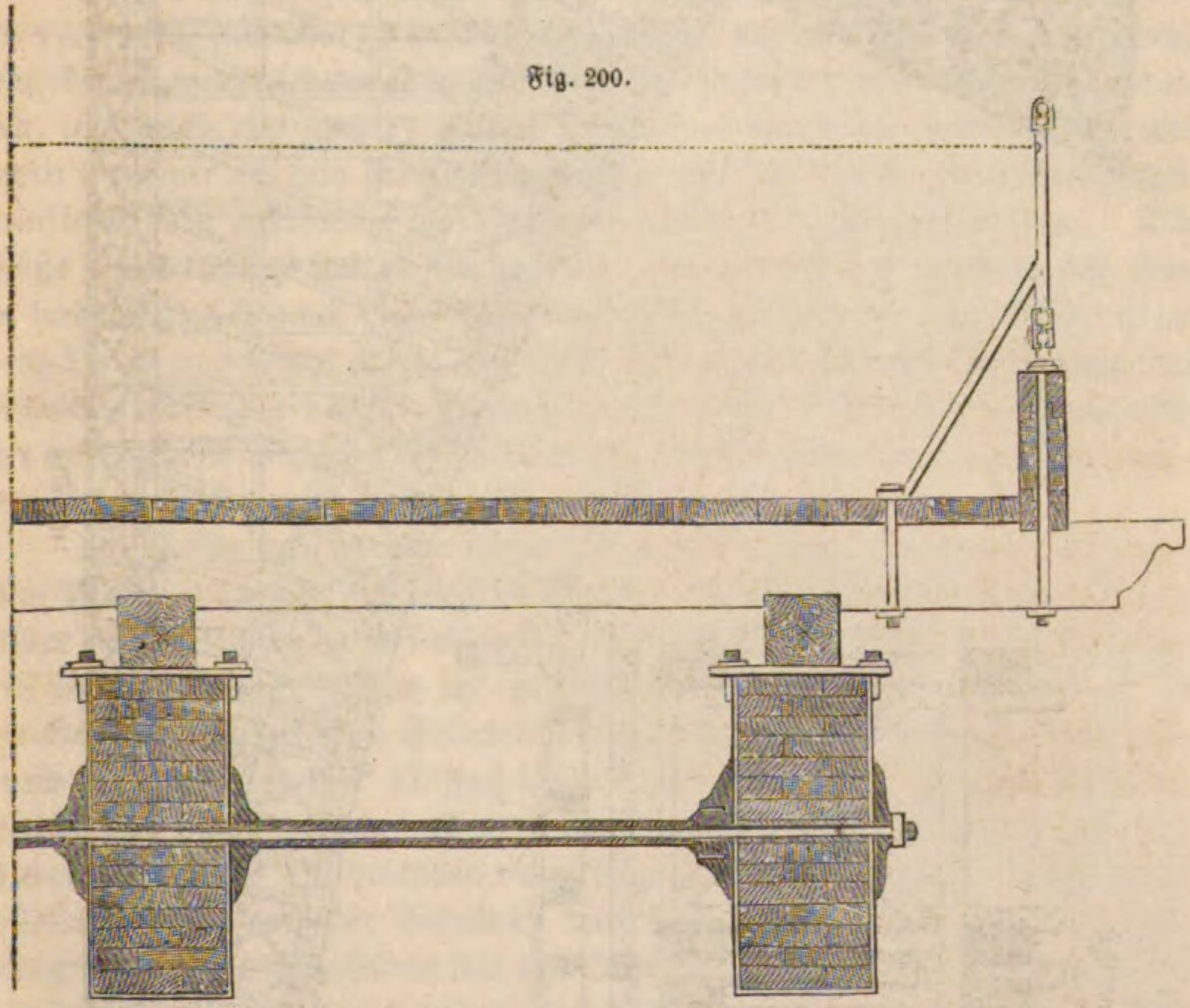


Die größte bis jetzt erbaute Bogenbrücke, bei welcher die Tragrippen aus zwei übereinander angebrachten und unter sich durch eine gebogene Fachwerkswand verbundenen Bogen bestehen, ist die, von dem Amerikaner Brown auf der Erie-Eisenbahn erbaute Cascadebrücke über eine Schlucht von 175 Fuß

Tiefe und oben mehr als 300 Fuß englisch Maaß Weite. Wenn wir später die verschiedenen Constructionssysteme der amerikanischen Holzbrücken betrachten werden, so gehört doch diese Bogenbrücke, welcher das Constructionssystem der zuerst in Deutschland in Ausführung gekommenen Bogenbrücken zu Grunde gelegt ist, in diesen Abschnitt, welchen wir mit diesem großartigen Zimmerbauwerk zum Abschluß bringen.

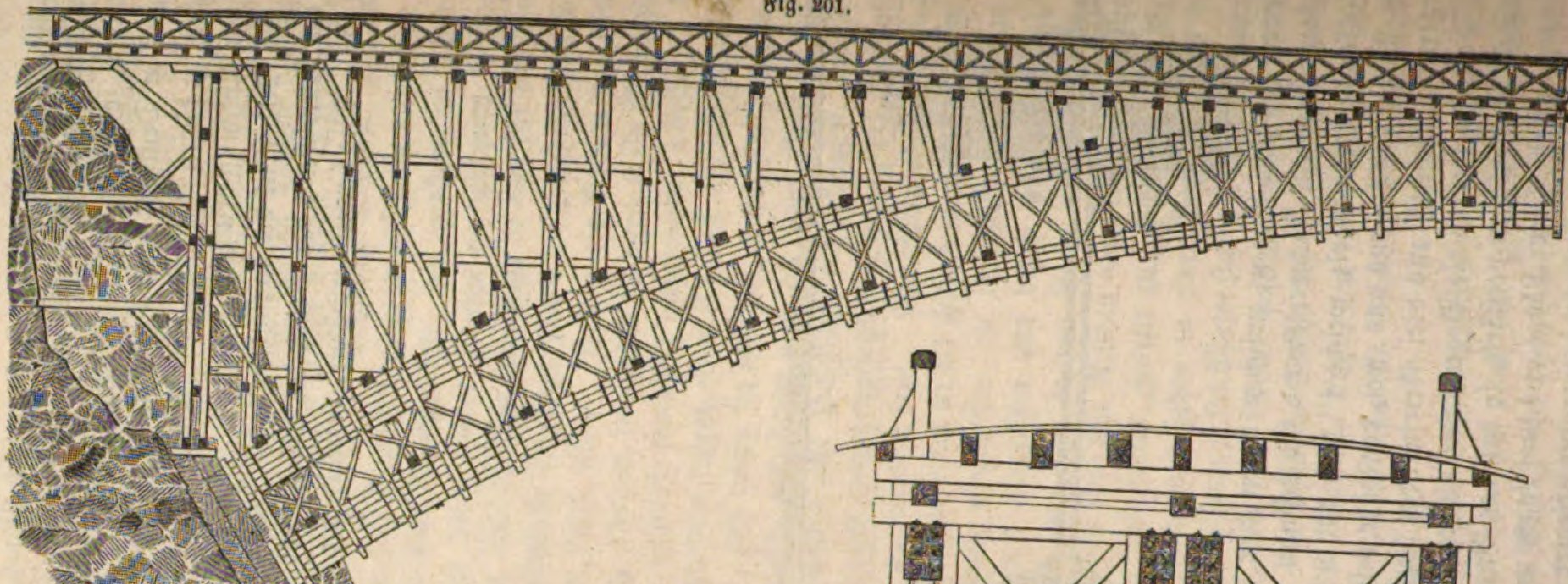
Fig. 201 stellt die Ansicht von der Hälfte des Brückenbogens und Fig. 202 den Querschnitt der Brücke im Scheitel des Bogens in größerem Maaßstabe dar. Wie bereits erwähnt, bestehen die Hauptbestandtheile der Trag-

Fig. 200.



rippen aus zwei Bogen, zwischen denen eine aus Streben und Gegenstreben zusammengesetzte Fachwerkswand sich befindet. Die Bogen sind aus gebogenen Balken von Eichenholz, welche 8″ hoch und 9″ breit sind, derart gebildet, daß die Breite des Bogens aus zwei, die Höhe desselben aber im schwächsten Theile gegen den Scheitel aus drei übereinander liegenden Lagen besteht. Gegen die Widerlager werden die Bogen durch abwechselnd unterhalb und oberhalb aufgelegte Balkenlagen verstärkt, so daß der Bogen auf $^1/_6$ seiner Länge aus vier Lagen, auf $^1/_8$ seiner Länge aus fünf Lagen und am Fuße auf $^1/_{10}$ seiner Länge aus 6 Lagen zweifach nebeneinander gelegter Balken besteht. Die zwischen den

Fig. 201.



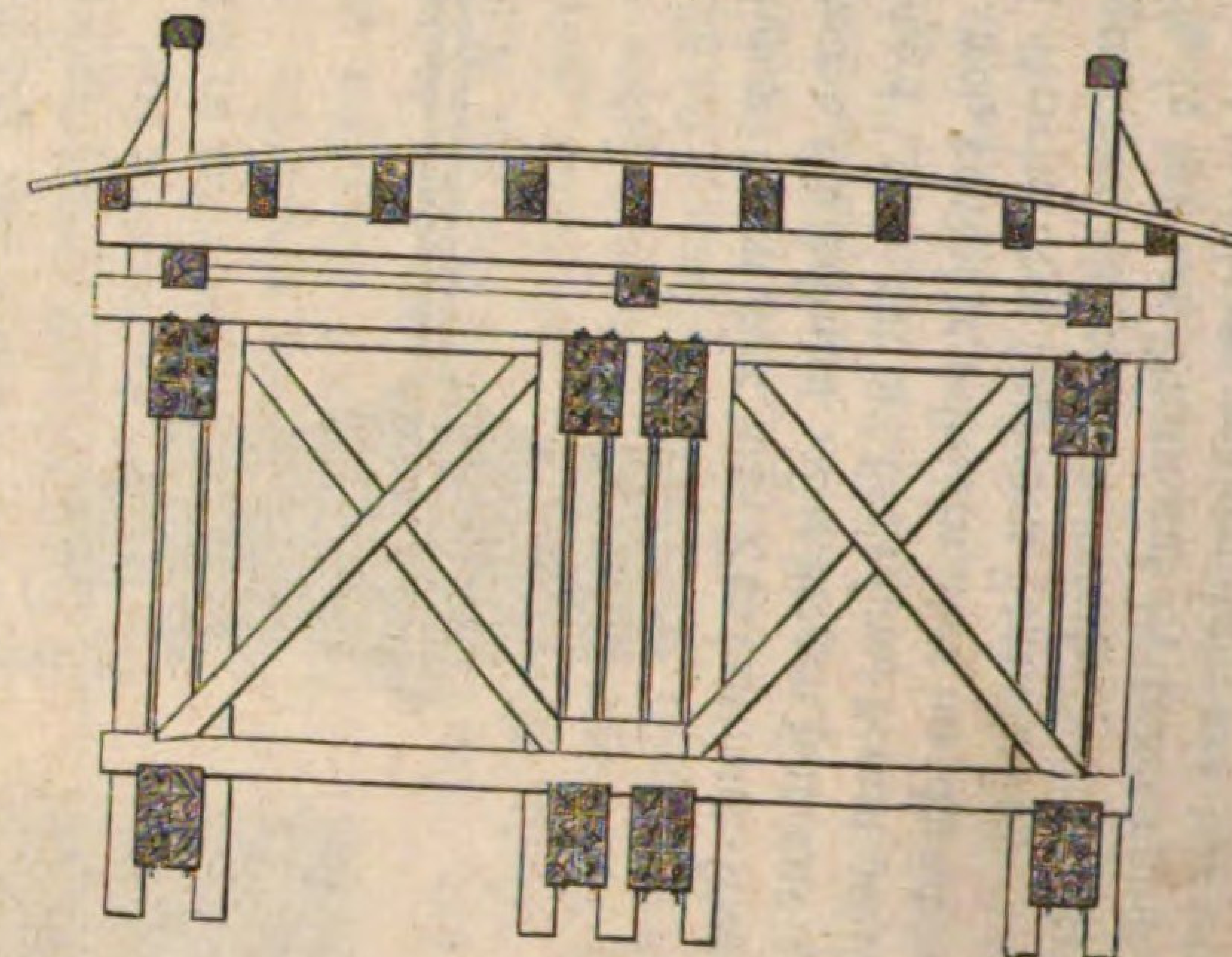


Fig. 202.

beiden Bogen eingespannten Streben und Gegenstreben sind durch starke eiserne Stangen, welche durch beide Bogen hindurchgehen, fest mit den Bogen verspannt. Die Streben und Gegenstreben sind 8/8" stark und bilden mit den Eisenstangen gleich große Fächer von 7,5' Länge und 10' Höhe. Der Fuß des Bogens ruht in einem gußeisernen Schuh, der sich gegen eine untermauerte gußeiserne Doppelplatte stützt. Durch gleich starkes Anziehen von Keilen zwischen den beiden Plattenhälften wird eine gleichmäßige Vertheilung des Bogenschubs auf die untere Platte und auf das Mauerwerk erzielt.

Um die acht Bogenrippen daran zu verhindern, ihre Lage gegen einander zu verändern, sind von 15 zu 15 Fuß Gestelle, wie aus Fig. 202 zu ersehen, angebracht, welche jedesmal in die Mitte des je zweiten vertikalen Faches treffen, und welche aus zwei 27' langen Holmen — von denen einer auf dem unteren und einer auf dem oberen Bogen liegt, mit denen sie an jedem Kreuzungspunkte verbolzt werden, — und aus zwei Andreaskreuzen gebildet sind. Die Füße der Kreuzbüge sind in den unteren Holm versetzt und stemmen sich oben in das Eck, welches die Bogen mit dem Balken machen, der unmittelbar unter dem Holme angebracht wurde, um die Bogen in der normalen Entfernung von 9' voneinander zu erhalten. Zugleich dienen die beiden Holme als Stützpunkte für das doppelte System von Windstreben, das sich über den oberen und unteren Bogen ihrer ganzen Länge nach erstreckt.

Die Sehne des unteren Segmentbogens hat eine Länge von 275' und eine Pfeilhöhe von 45 Fuß englisch Maaß. Die Gewölbeschenkel oder Giebelfelder sind einfach durch senkrechte Ständer ausgefüllt, welche die Durchzüge, auf denen der Haupttramen der Fahrbahn ruht, unterstützen. Die vier in gleicher Höhe aufgesetzten Ständer der vier Bogen sind je nach ihrer Höhe durch ein, zwei oder drei 27 Fuß lange Quergurten außer dem obern Holm miteinander verbunden, und es wird durch zwischen diesen Gurten angebrachte Andreaskreuze den Stützwänden die nöthige Steifigkeit gegeben. Diese Jochwände sind der Länge der Fahrbahn nach 6 Fuß voneinander entfernt. Zur innigen Verbindung derselben mit den Bogenrippen und dem Haupttramen dienen radiale Zangen, von denen in jeder Querschnittsebene, wie aus Fig. 202 zu ersehen, sieben bestehen, nämlich zwei für jede der beiden äußeren und nur drei für die zwei mittleren Tragrippen, indem diese nur einen halben Fuß weit auseinander sind, und somit auch nur Raum für eine einzige Zange zwischen sich zulassen. Diese radialen Zangen laufen vom unteren Bogen bis über den Haupttramen und sind mit jedem Bogen und mit dem Tramen an den Kreuzungsstellen verbolzt. Ueber den Holmen der vertikalen Ständer liegen drei Längeschwellen oder Tramen, zwischen denen abermals zwei Reihen Windstreben angebracht sind. Auf diesen liegen die Querschwellen oder Straßenträger, welche drei Fuß voneinander entfernt sind. Der Oberbau der Brücke besteht

aus zwei $^{12}/_{12}$" starken Längeschwellen unter jeder Schiene, über welche eine aus zwei Bohlenlagen bestehende Bedachung angebracht ist. Diese Bedachung wird in der Mitte und zu beiden Seiten des Geleises noch durch sieben schwächere Längeschwellen getragen.

Die Fahrbahn ist auf beiden Seiten durch einfache Geländer mit Kreuzbügen begrenzt. Zum Schutze gegen die Nässe ist die Brücke auf beiden Seiten mit angestrichenem Bretterverschlag versehen, und die Bedachung selbst ist mit einem mit Sand gemengten Leim und Kitt überzogen.

An dieser sowohl durch sinnreiche und solide Construction, als auch durch Größe gleich ausgezeichneten Brücke wurde nach mehrjährigem Bestehen derselben auch nicht das geringste Nachgeben beim Ueberfahren der schwersten Bahnzüge bemerkt, so daß sie den strengsten Anforderungen entspricht, welche an ein Zimmerbauwerk gestellt werden können.

Neunter Abschnitt.

Von den Häng- und Sprengwerkbrücken.

Ist unterhalb der Fahrbahn die nöthige Höhe über dem höchsten Wasserstande nicht vorhanden, um von den Widerlagern ein Sprengwerk zur alleinigen Unterstützung der Fahrbahn anzubringen, muß vielmehr zu dem Sprengwerk noch ein Hängewerk in Verbindung gebracht werden, oder es reicht bei großer Spannweite das Hängewerk allein nicht aus, und es muß zur Verminderung der Spannweite noch eine Unterstützung von unterhalb der Fahrbahn durch Streben von den Widerlagern aus angebracht, sonach mit dem Hängewerk ein Sprengwerk verbunden werden, so entsteht eine Construction von Brücken, welche man Häng- und Sprengwerkbrücken nennt, gleichviel, ob die Construction nur aus geraden Hölzern, oder aus geraden Hölzern und Bogen zusammengesetzt, besteht.

Da bei dieser aus Häng- und Sprengwerk zusammengesetzten Construction die Tragrippen über die Fahrbahn vorstehen, so können bei Straßenbrücken deren nur zwei auf beiden Seiten, bei Eisenbahnbrücken dagegen können deren drei bis vier aufgestellt werden. Zur Sicherung der senkrechten Stellung der Tragrippen und ihrer Verbindung untereinander, sowie gegen das horizontale Verschieben der Fahrbahn selbst, müssen dieselben Regeln in Anwendung gebracht werden, welche wir in dem Abschnitte über die Hängewerkbrücken bereits kennen gelernt haben. Wir werden deshalb von derartigen

Constructionen für geringe Spannweiten nur die äußern Ansichten der Tragrippen in Betracht ziehen.

Häng- und Sprengwerke älterer Construction, bei welchen die Tragrippen die Höhe der Geländer nicht übersteigen, sind in den Fig. 203 für 6 bis 7 Mètre Spannweite, Fig. 204 für 10 bis 12 Mètre Spannweite und Figur 205 für 15 bis 16 Mètre Spannweite dargestellt. Die Tragrippen sind auf beiden Seiten der Fahrbahn aufgestellt und bilden zugleich die Geländer. Die Streben sind einfach und gehen von Widerlagsständern aus, welche sich an die

Fig. 203.

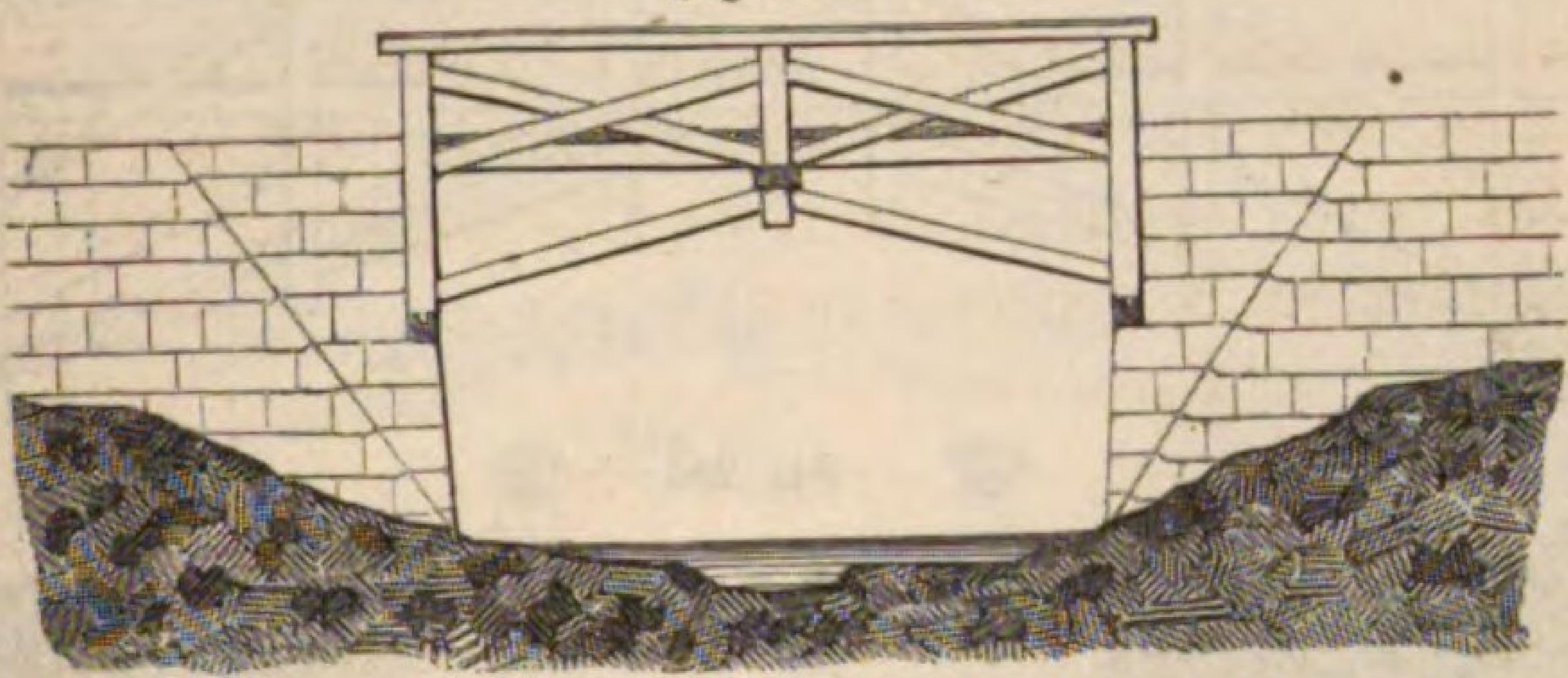
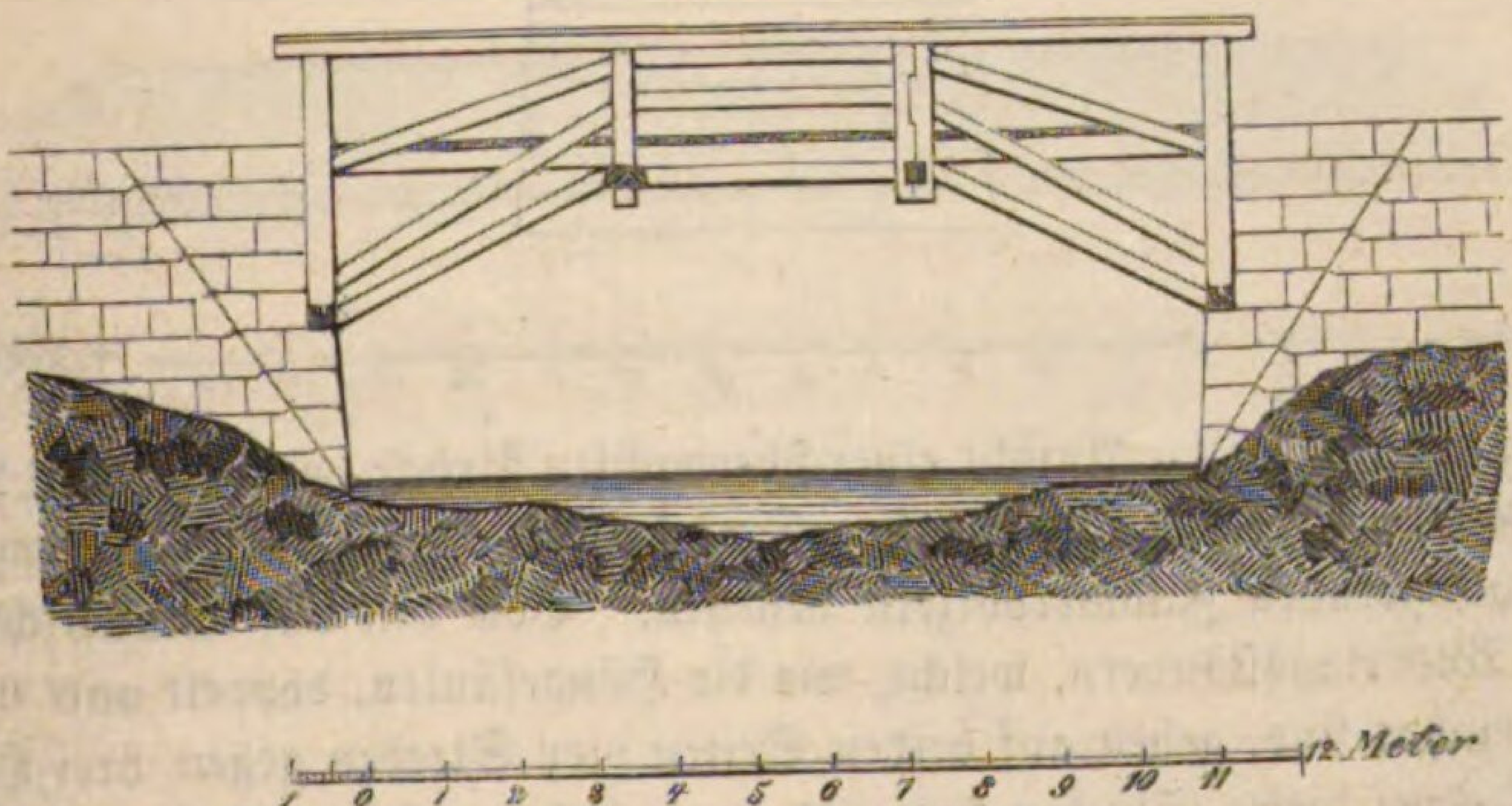


Fig. 204.



Widerlagsmauern stemmen und auf Schwellen von Eichenholz, über den höchsten Wasserstand gelegt, sitzen. Die Hängesäulen sind doppelt und umschließen, wie aus Fig. 206, welche den Querschnitt der Brücke Fig. 205 darstellt, zu ersehen ist, die Streben, welche ihrerseits von doppelten Durchzügen umschlossen werden, auf welchen die parallel mit den Tragrippen gelegten Straßenträger ruhen. Die Querverspannung der Rippen wird durch Strebebüge von den Schwellen der Widerlager aus und durch Kreuzbüge, welche die Durchzüge zur Basis haben, hergestellt. Die doppelten Hängesäulen sind miteinander verzahnt und mit den Streben sowohl, als auch mit den doppelten Durch-

zügen verbolzt. Die älteren Straßenbrücken der Schweiz galten lange, ihrer soliden Construction wegen, als Muster von Häng- und Sprengwerkbrücken, und es wird sich durch die Mittheilung einiger Beispiele solcher von schlichten Zimmermeistern erbauten Brücken, für deren Dauer durch Ueberdachung und eine äußere Bretterverkleidung der Tragrippen gesorgt war, ergeben, daß von diesen Brücken die Motive zu manchen Constructionssystemen der Neuzeit ausgingen.

Fig. 205.

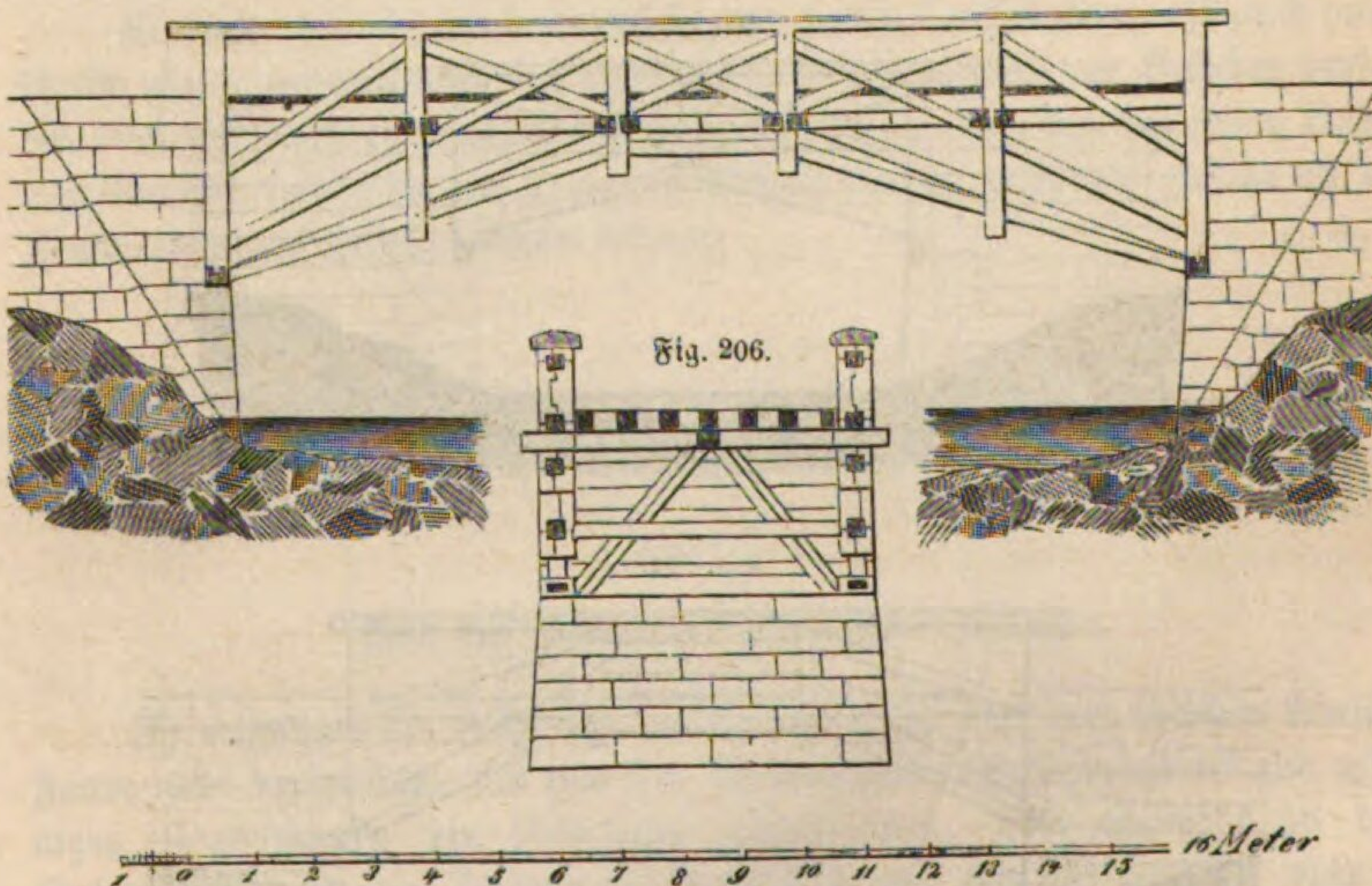


Fig. 206.

Fig. 207 giebt die Ansicht einer überdachten Brücke von 15 bis 18 Mètre Spannweite, bei welcher alle Constructionstheile der Häng- und Sprengwerkrippen aus geraden Zimmerhölzern bestehen. Von den auf Mauerschwellen sitzenden Widerlagsständern, welche, wie die Hängesäulen, doppelt und miteinander verzahnt sind, gehen auf beiden Seiten vier Streben gegen drei Hängesäulen. Zwei dieser Streben sind bis zur mittleren Hängesäule geführt, so daß sie die äußeren Hängesäulen durchdringen, während zwei derselben sich unter steileren Winkeln gegen die äußeren Hängesäulen stemmen und an ihren oberen Enden in die letzteren stumpf versetzt sind, und es sind denselben unter flacherem Winkel Streben entgegengesetzt, welche sich an die mittlere Hängesäule anstemmen. Die senkrechten doppelten Hängesäulen, welche alle Streben umschließen, dienen zugleich als Pfosten zur Unterstützung der Bedachung, indem die Pfette, worauf die Dachbalken ruhen, durch die Hängesäulen geführt sind. Zur Längenverspannung der Hängesäulen dienen unter die Pfetten gelegte Spannriegel mit untergesetzten Bügen. Zur Sicherung der Fahrbahn

gegen horizontale Verschiebung dienen Kreuzbüge, welche unterhalb der parallel mit den Tragrippen gelegten Straßenträger angebracht sind, und außerdem gehen von den Hängesäulen aus Zangenbüge gegen die Dachbalken, welche verlängert die Stuhlsäulen und Sparren des Dachwerks fassen.

Die Tragrippen der in Fig. 208 in der Ansicht dargestellten Brücke von 20 bis 24 Mètre Spannweite unterscheiden sich wesentlich dadurch, daß die

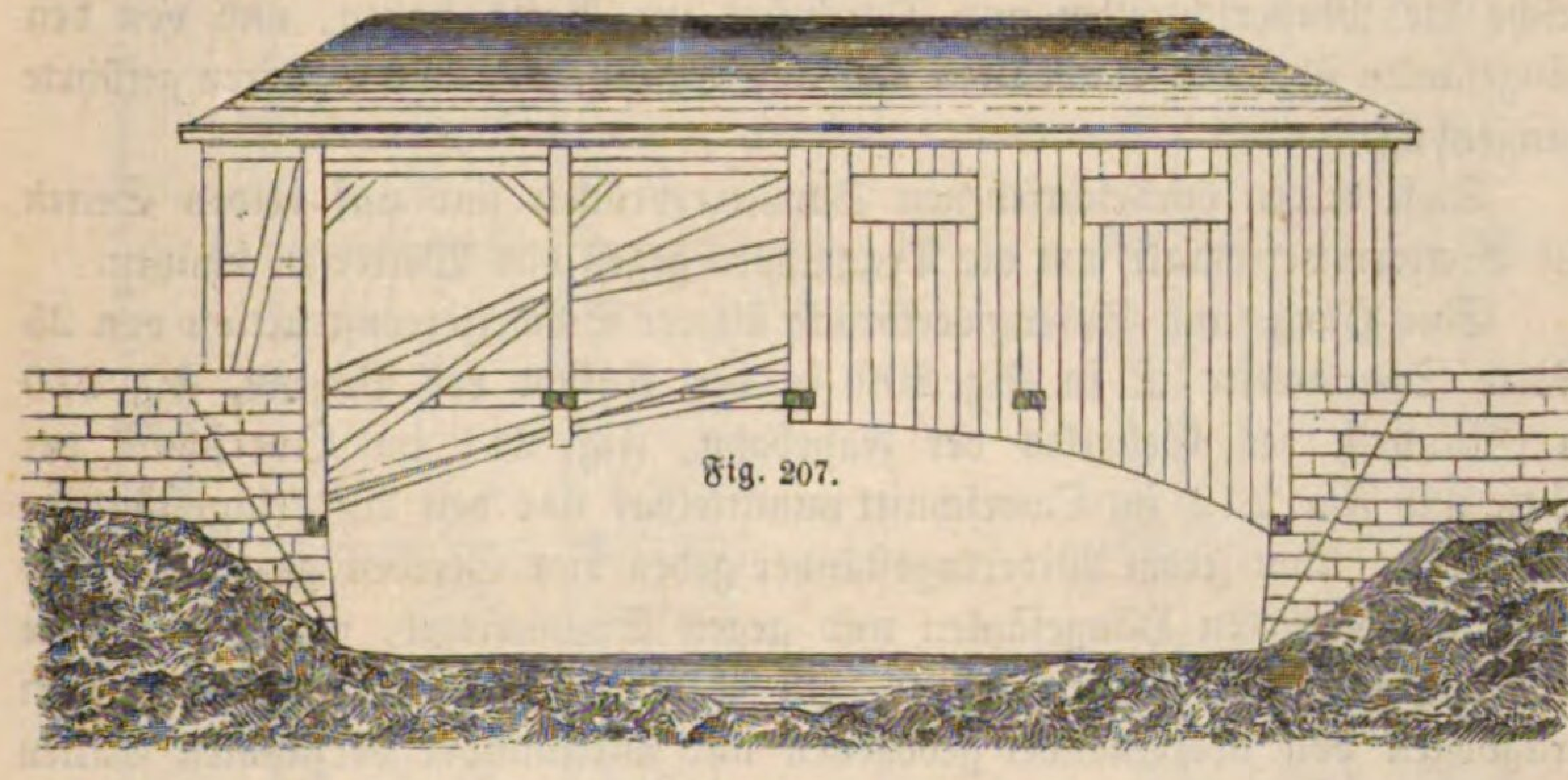


Fig. 207.

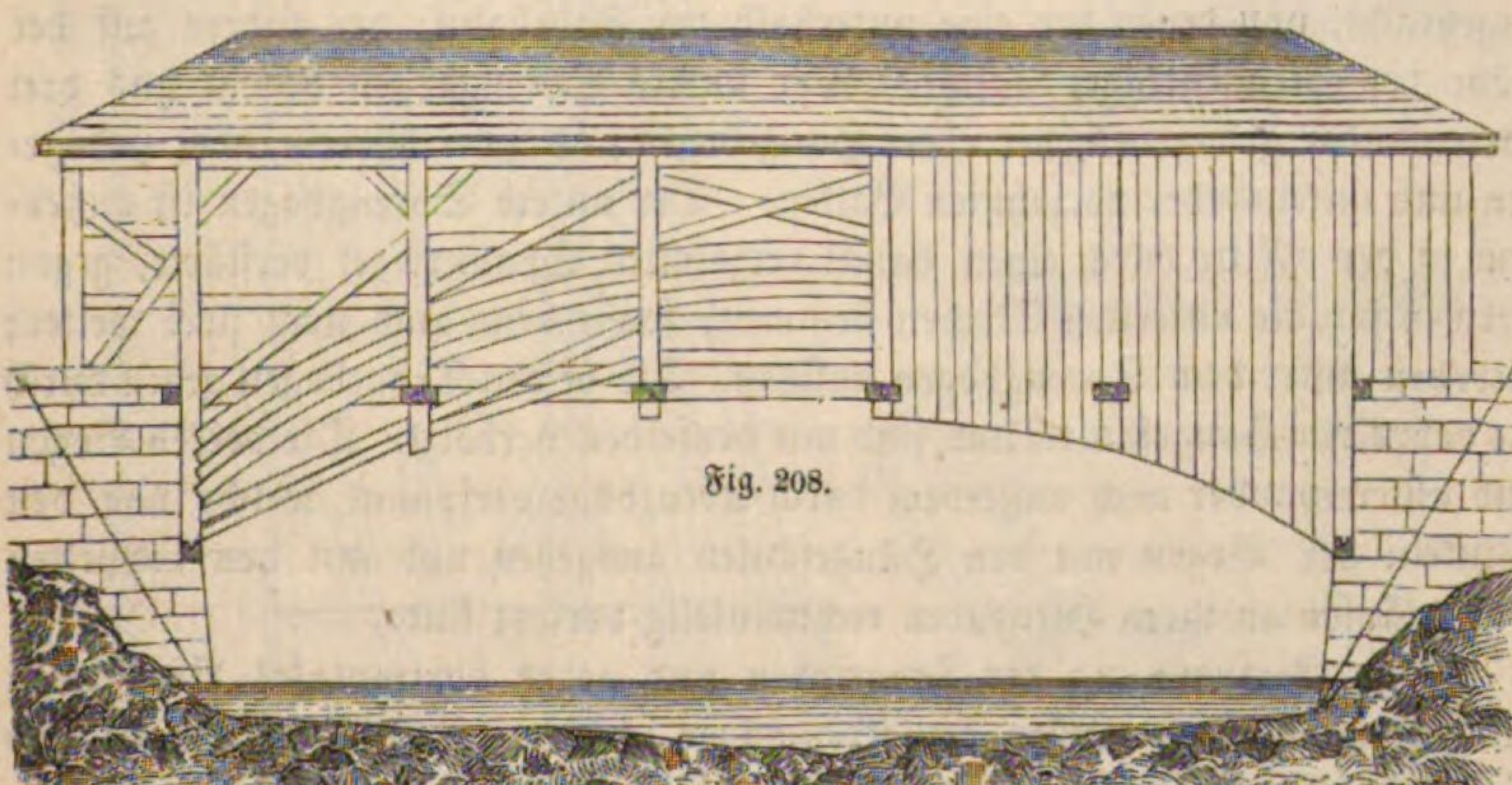


Fig. 208.

doppelten Hängesäulen, an welche, wie im vorigen Beispiele, die gleichfalls doppelten Durchzüge angehängt sind, außer den drei von jedem Widerlagsständer ausgehenden Streben, Gegenstreben und Spannriegeln, noch durch einen Balkenbogen getragen werden, welcher, aus vier übereinander gebogenen Balken bestehend, in normalen Versetzungen des doppelten Widerlagsständers ansitzt und durch alle doppelten Hängesäulen hindurch geführt und mit denselben verbolzt ist.

Damit der Bogen seine Form nicht verändern kann, und um die auf die Hängesäulen wirkende Belastung der Fahrbahn gleichmäßig auf den Tragbogen zu vertheilen, sind über dem Bogen gegen denselben und die doppelten Hängesäulen Kreuzbüge angebracht, welche an ihren Hirnenden rechtwinkelig in die Hängesäulen versetzt sind.

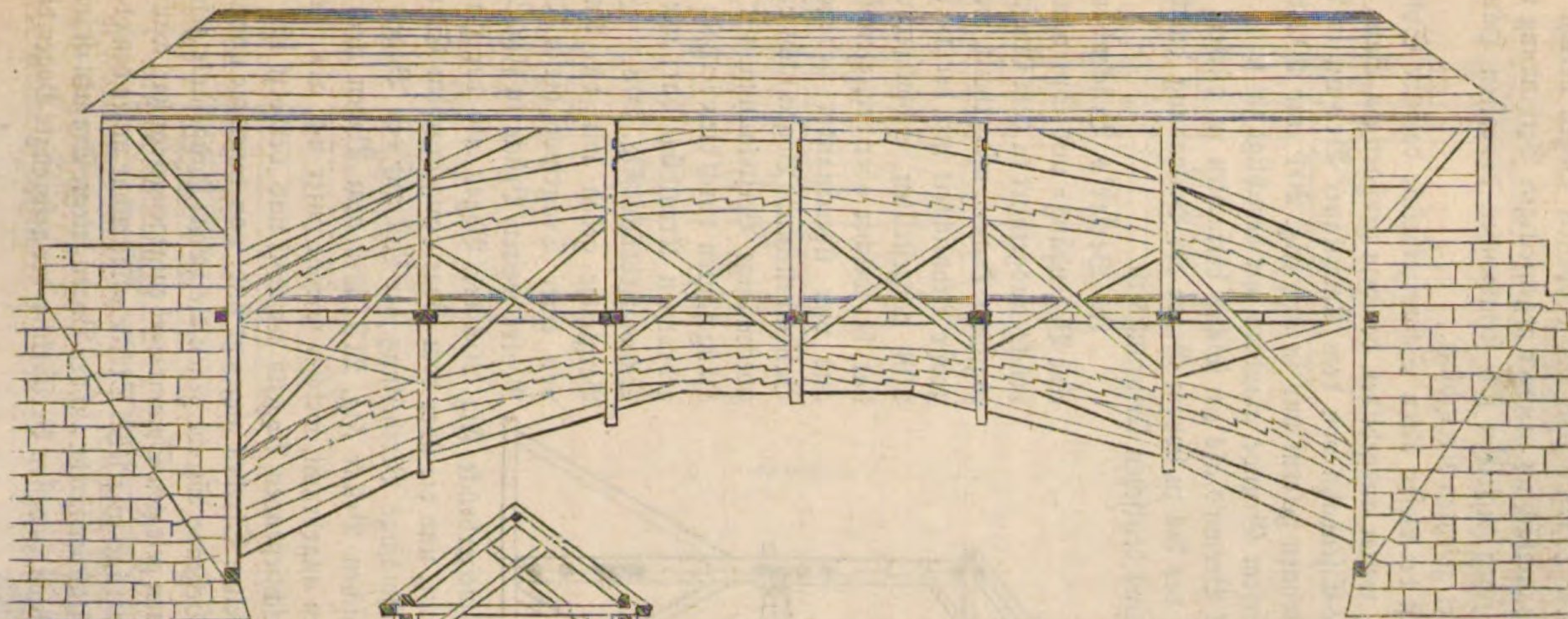
Zur Querverspannung liegen unterhalb der Straßenträger Kreuzbüge, welche die Mauerschwellen und Durchzüge zur Basis haben, und von den Hängesäulen über die Dachbalken nach den Stuhlsäulen und Sparren geführte Zangenbüge.

Diese beiden vorbeschriebenen Schweizerbrücken sind auf beiden Seiten mit Brettern verschaalt, um die Tragrippen gegen das Wetter zu schützen.

Eine Häng- und Sprengwerkbrücke älterer Schweizerconstruction von 25 Mètre Spannweite ist in Fig. 209 in der Ansicht des Bogens, Fig. 210 im Grundriß des Gebälkes der Fahrbahn, Fig. 211 im Querschnitt der Mitte und Fig. 212 im Querschnitt unmittelbar vor den Widerlagsständern dargestellt. Von jedem Widerlagsständer gehen vier Streben gegen die doppelten zwei äußeren Hängesäulen und gegen Spannriegel, welche durch die mittlere Hängesäule hindurchgehen. In jeder Tragrippe sind außerdem zwei Tragbogen von übereinander gebogenen und miteinander verzahnten Balken angebracht, von denen der eine unterhalb der Fahrbahn, der andere auf der Höhe der Straßenträger ansitzt. Der untere Sprengbogen besteht aus drei übereinander gebogenen, der obere Hängebogen aus zwei übereinander gebogenen und miteinander verzahnten Balken. Der untere Sprengbogen ist außerdem in der Mitte durch einen damit verzahnten Spannriegel verstärkt, gegen welchen sich die untersten Streben stemmen, sowie denn auch noch zwei weitere Streben unter dem Sprengbogen ansitzen. Die beiden Tragebogen gehen durch die doppelten Hängesäulen und sind mit denselben verbolzt. Die beiden Bogen sind untereinander noch außerdem durch Kreuzbüge verspannt, welche von den Winkeln der Bogen mit den Hängesäulen ausgehen und mit den doppelten Hängesäulen an ihren Hirnenden rechtwinkelig versetzt sind.

Zur Verspannung der Tragrippen und gegen horizontales Verschieben der Fahrbahn dienen außer den Kreuzbügen, welche die Mauerschwellen und Durchzüge zur Basis haben, die aus den Querschnitten Fig. 211 und 212 zu ersehenden Zangenbüge, von den Hängesäulen gegen die Dachbalken und, über dieselben hinweggreifend, bis zu den Dachsäulen und Sparren geführt, und weitere Büge, welche unterhalb der Fahrbahn von den Hängesäulen gegen die Durchzüge angesetzt sind. Um die Widerlagsständer in ihrer senkrechten Stellung zu erhalten, so sind gegen dieselben, von der bis über die Böschung der Flügelmauern hinaus verlängerten Schwelle, auf beiden Seiten Streben angesetzt, mit Gegenstreben und inneren Kreuzbügen, welche letztere gleichfalls von

Fig. 209.



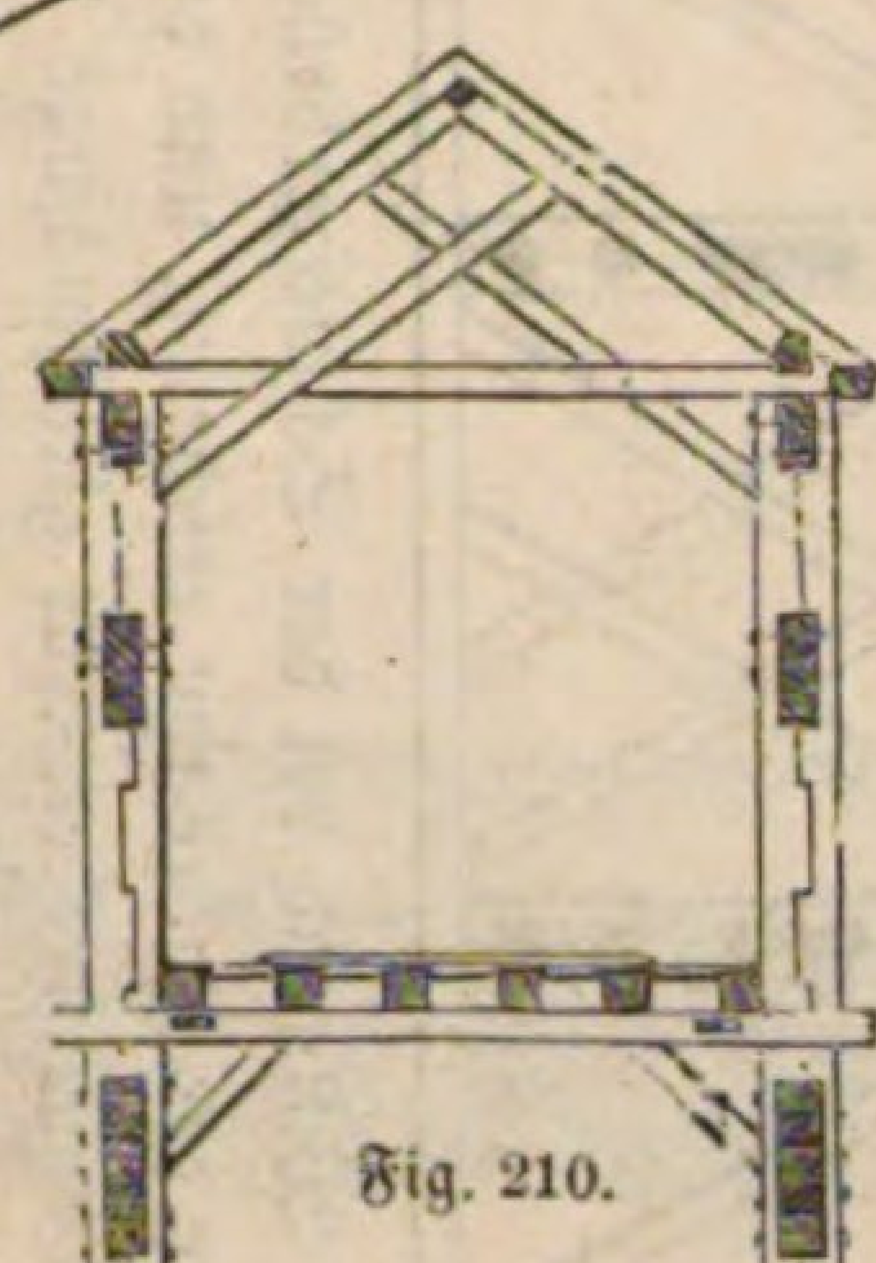


Fig. 210.

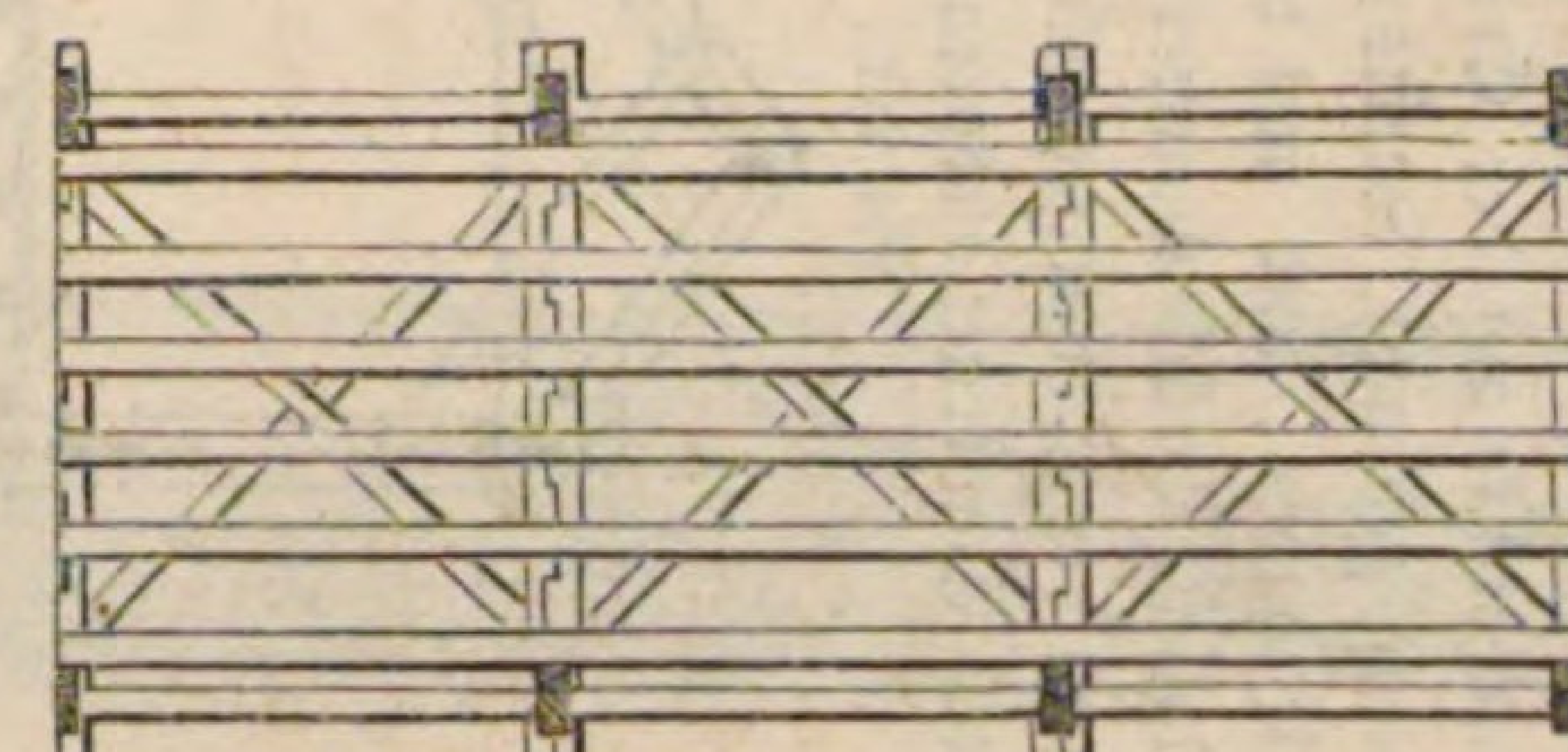
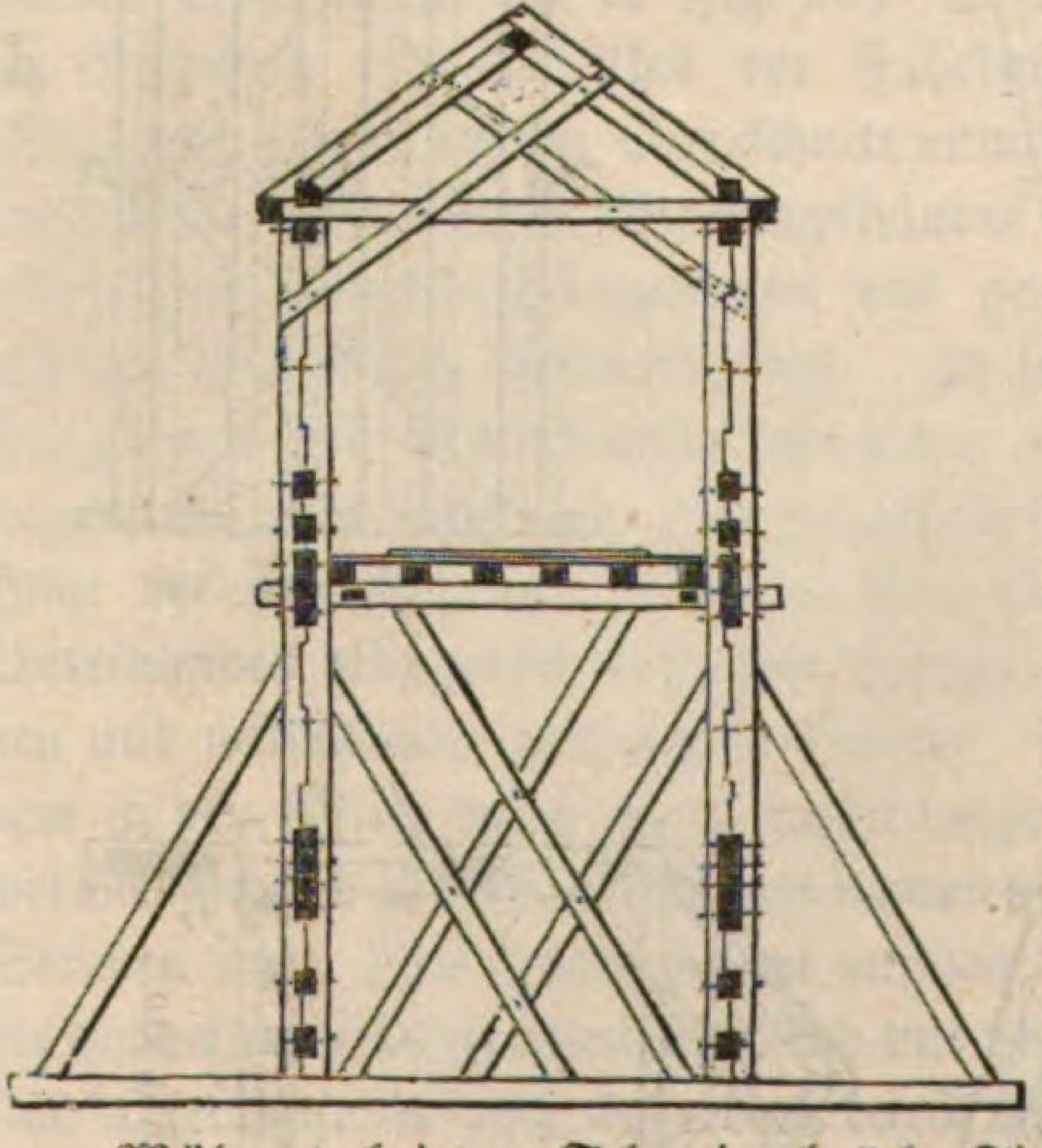


Fig 211.

der Schwelle ausgehen. Die Tragfähigkeit der doppelten Bogen beruht bei dieser Brückenconstruction hauptsächlich in ihrer gegenseitigen Verbindung und Verspannung durch die zwischen dieselben sich stemmenden doppelten Hängesäulen und die in die Winkel gesetzten Kreuzbüge.

In einfachen Zügen ist bei dieser alten Schweizerbrücke dasselbe System ausgesprochen, welches wir, weiter ausgebildet, bei dem großartigen Baue der Cascadebrücke auf der Erie-Eisenbahn von dem Amerikaner Brown in Anwendung gebracht, bereits kennen gelernt und in den Fig. 201 und 202 dargestellt haben, und aus diesem Grunde glaubten wir berechtigt zu sein, das vorzügliche Brückenbauwerk Brown's als ein solches betrachten zu dürfen, bei welchem der Grundgedanke des bis zu hohem Grade der Vollendung durchgebildeten Constructionsprincips deutschen Ursprungs ist.


Fig. 212.



In Becker's Brückenbau ist eine Bogenhäng- und Sprengwerkbrücke, ausgeführt in dem Großherzogthum Baden, mitgetheilt, welche große Aehnlichkeit mit der in Fig. 208 dargestellten Schweizerbrücke hat, bei welcher aber der, gleichfalls aus vier übereinander gebogenen Balken bestehende Bogen nicht die so zweckmäßige Verspannung mit den Hängesäulen durch die oberhalb angebrachten Kreuzbüge hat, wie die Schweizerbrücke Fig. 208. Zum Vergleiche geben wir die Ansicht von einer Tragrippe dieser 31,2 Mètre weiten Brücke in Fig. 213.

Während bei der Schweizerbrücke Fig. 208 der Bogen als der Hauptträger der Fahrbahn erscheint, und die über dem Bogen angebrachten Streben und Gegenstreben eine gleichmäßige Vertheilung der Last auf den Bogen bewirken, so ist bei der badischen Brücke Fig. 213 über dem Bogen noch ein künstlich verstärkter Tramen angebracht, welcher sowohl unter sich, als mit der Mitte des darunter sich anschließenden Bogens verzahnt und verbolzt ist, und unter welchen auf beiden Seiten Streben angesetzt sind, von denen die unmittelbar über dem Bogen anschließende Strebe gegen die zweite Hängesäule geführt ist und den unter den Tramen gelegten Spannriegel entgegengesetzt hat, während die in der Höhe der Straßenträger angesetzte Strebe unmittelbar unter den oberen Tramen gesetzt ist. Der künstlich verstärkte, auf den Bogen gelegte Tramen ist sonach als ein Hängewerk zu betrachten, zu dessen Verstärkung der gesprengte Bogen dient.

Fig. 213.



Zehnter Abschnitt.

Von den nordamerikanischen Brücken.

Wenn wir die verschiedenen Constructionssysteme, welche in Amerika bei dem Baue hölzerner Brücken aufgestellt und in Anwendung gebracht worden sind, in einem besonderen Abschnitte betrachten, so hat dies seinen Grund darin, daß auf diese Weise allein die gegenwärtigen Constructionen, welche von den älteren, den europäischen Constructionen nachgebildeten, so durchaus abweichen, in ihrer Eigenthümlichkeit — welche hauptsächlich in der Verwendung geschnittener Hölzer von geringen Dimensionen zur Herstellung von Brücken für sehr bedeutende Spannweiten besteht — den europäischen Constructionen gegenübergestellt werden können, bei welchen letzteren in der Regel sehr starke Zimmerhölzer, deren Stärke zunimmt mit der Größe des Brückenbauwerkes, zur Anwendung kommen.

In Europa waren Holzbrücken von großen Spannweiten bis zu Anfang unsers Jahrhunderts Bogenbrücken, und zwar der Mehrzahl nach, Bogensprengwerkbrücken nach Wiebeking's und Gauthey's System construirt, bei welchen der, aus übereinander gebogenen Zimmerhölzern hergestellte Bogen den Hauptbestandtheil bildete, auf welchen die Last der Fahrbahn durch senkrechte Wände übertragen wurde.

Außer den bereits angeführten Mängeln dieser ältern Constructionsweise war es noch besonders der Mangel an Steifigkeit, welcher mit beitrug zum baldigen Verderben derselben, und sie besonders für Eisenbahnbrücken unbrauchbar erscheinen ließ.

Eine der ältesten Brücken Nordamerika's ist die Bogenhängwerkbrücke bei Trenton über den Delaware, bei welcher eine gleichmäßige Vertheilung der Last auf den Bogen und eine Steifigkeit erreicht ist, daß dieselbe, früher als Straßenbrücke erbaut, ohne irgend eine Verstärkung, nachdem sie 40 Jahre im Gebrauch gewesen, für ein Eisenbahngeleise benützt werden konnte. Der Erbauer dieser Brücke hat bei seinen später ausgeführten Brücken den Bogen als Hauptbestandtheil zu Grunde gelegt, und es werden nach ihm diese Brücken Burr's Bogenbrücken genannt.

Die erste von Burr über den Delaware erbaute Bogenbrücke hat fünf Oeffnungen, von denen eine 160 Fuß, eine andere 180 Fuß und drei 200 Fuß englisch Maaß Spannweite haben. Der Hängebogen für eine Spannweite

von 200 Fuß hat eine Pfeilhöhe von 22 Fuß und ist in der Stärke von $\frac{3'1''}{16''}$ aus übereinander gelegten Bohlen nach Emy's System gebildet. Fig. 214 stellt die Ansicht einer Tragrippe dar. Der Bogen sitzt in der Höhe der Fahrbahn an, und zwar auf centrisch geneigten Eisenschuhen, welche mit der letzten Schichte der Steinpfeiler verbunden sind. Zur Unterstützung der Straßenträger dienen 24 Durchzüge, welche vermittelst Hängeeisen, die in der Mitte mit einem doppelten Schraubengewinde zur Correctur entstehender Senkungen versehen sind, an dem Tragbogen befestigt sind. Zur Verstärkung des Bogens, dessen Tragfähigkeit nach seinen beiden Enden mit seiner geringer werdenden Höhe abnimmt, sind zwei starke Streben *A* von den Pfeilern aus gegen den Bogen angebracht, und es sind diesen Streben Gegenstreben von dem Bogen gegen den Haupttramen, welcher letzterer als straffe Sehne des Bogens zu betrachten ist, entgegengestemmt. Weitere vier Gegenstreben für die Hälfte des Bogens sind von den nächsten Durchgangspunkten der Hängeeisen am Bogen mit ihrem oberen Ende, und mit ihrem unteren Ende gegen die in ihrer Richtung gelegenen Durchgangspunkte der Hängeeisen am Tramen angesetzt, von denen die mittleren darin eine Ausnahme machen, daß sie mit ihren unteren Enden in der Mitte des Tramens zusammentreffen. Diese Streben *A* und Gegenstreben *B*, von denen nicht blos die Steifigkeit, sondern auch die vermehrte Tragfähigkeit bei einer gleichmäßigen Vertheilung der durch die Hängeeisen auf den Bogen übertragenen Belastung abhängt, sind diejenigen Constructionstheile, durch welche sich diese Brücke von den vorher bekannt gewesenen Bogenbrücken unterscheidet. Die Querverspannung der Tragrippen ist durch die angehängten Durchzüge mit dazwischen gespannten Kreuzbügen, sowie durch oberhalb angebrachte Querzangen hergestellt, auf welchen die Bedachung der Brücke ruht.

Burr hat später, zur Vermehrung der Steifigkeit, Gitter und Fachwerkswände mit dem Bogen in Verbindung gebracht, dabei aber immer den Bogen als den Hauptträger betrachtet.

Wir werden nun die wichtigeren der bis jetzt in Anwendung gebrachten verschiedenen Constructionsarten der Amerikaner betrachten, welche im Allgemeinen die Anwendung großer Spannweiten und das miteinander gemein haben, daß der von einem Pfeiler zum andern horizontal geführte Oberbau auf die Pfeiler und Widerlager keinen Horizontalschub äußert, sondern dieselben nur senkrecht belastet.

Die Gitterbrücken (truss bridges), welche schon in früher Zeit in Amerika gebaut wurden und noch gegenwärtig bei geringen Spannweiten Anwendung finden, bestehen aus senkrechten, auf die Pfeiler gelegten Tragwänden mit doppelten oder dreifachen obern und untern Streckbäumen, welche durch

ein System von Streben und senkrechten Pfosten miteinander verbunden sind. Werden bei größern Spannweiten drei obere und drei untere Streckbalken angebracht, welche dann zwei Reihen von Streben und Hängesäulen umfassen, so findet sich zur Verstärkung der Tragwände noch ein drittes Sprengwerk, dessen Streben von den Pfeilern aus angesetzt sind, vor, welches zwischen den zwei Reihen Streben hindurchgeführt und mit diesen durch Ueberblattung verbunden ist.

Die Brücke über den Potomac bei Washington ist nach diesem Systeme gebaut. Diese Brücke, von welcher Fig. 215 die Längenansicht einer Tragwand von 120 Fuß Weite und Fig. 216 den Querschnitt darstellt, besteht aus zwei Tragrippen zu beiden Seiten der 25 Fuß breiten Fahrbahn. Zwei Reihen von $^{6}/_{10}''$ starken Streben und Pfosten werden durch drei obere und drei untere $^{6}/_{6}''$ starke Streckbäume umschlossen. Die senkrechten Pfosten sind 10 Fuß von Mitte zu Mitte voneinander entfernt, und die Höhe der Tragrippen zwischen den Streckbäumen beträgt 15 Fuß. Die beiden Reihen der Streben und Hängepfosten lassen zwischen sich einen Raum von 3 Zollen frei, in welchem, von dem obern Kopfe jeder Strebe nach einem über dem Pfeiler liegenden und Fig. 217 abgebildeten gußeisernen Schuhe $\frac{12''}{3''}$ starke Streben geführt sind. Damit diese Streben nicht in den mittleren Streckbaum eingelassen werden müssen, ist unter demselben ein 10 Fuß langes Kopfstück angebracht, und mit diesem durch Verzahnung und Bolzen verbunden. Das Zusammenstoßen aller genannten Theile am Kopfe der Pfosten ist in Fig. 218 dargestellt. Die gußeisernen Schuhe zweier Tragrippen über jedem Pfosten werden durch einen starken Zwischenbalken von Eichenholz auseinandergehalten, wie aus der Ansicht eines solchen Schuhes Fig. 217 zu ersehen ist. Zur Unterstützung der Fahrbahn dienen $^{12}/_{6}''$ starke Durchzüge, welche hinter jedem Pfeiler auf den unteren Streckbäumen aufliegen. Das Gebälke, auf welchem ein 3″ starker Bohlenbeleg ruht, läuft parallel mit den Streckbäumen, und es liegen die $^{9}/_{3}''$ starken Balken 2′6″ auseinander. Die Tragrippen der unbedachten Brücke werden durch Querbalken mit untergesetzten Bügen zusammengehalten. Zu weiterer Querverspannung dienen Windstreben, welche unterhalb des Gebälkes der Fahrbahn die Durchzüge, und oberhalb der oberen Streckbäume die Querbalken zur Basis haben. Außer den gußeisernen Schuhen und einigen Bolzen durch die Streckbäume und den Kopf der Pfosten, sowie durch die Pfosten und die Mittelstreben, kommen bei dieser, in den Fig. 215 bis 218 dargestellten Brücke keine weitern Eisentheile vor.

Die Construction der Long'schen Brücken ist darin abweichend von den Gitterbrücken vorbeschriebener Art, daß statt des Sprengwerkes zwischen den Pfosten und Streben Gegenstreben eingeführt sind. Die dreifachen Streck=

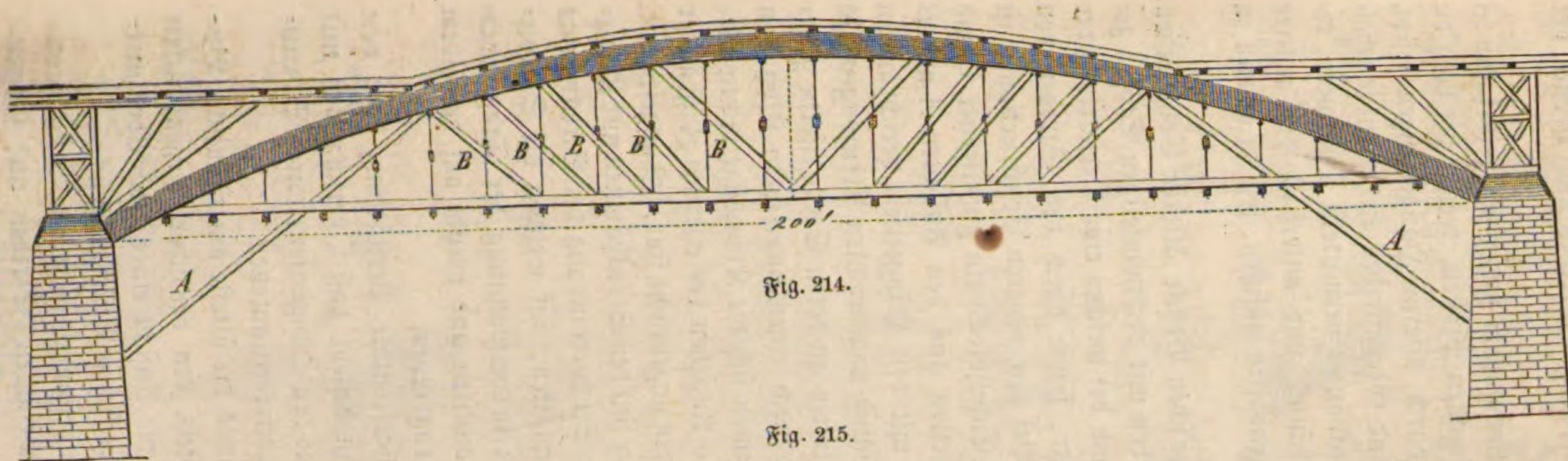
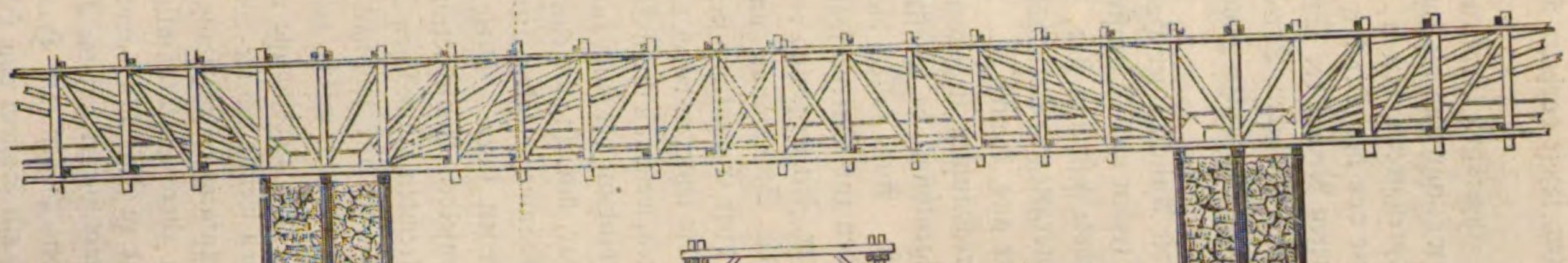


Fig. 214.

Fig. 215.



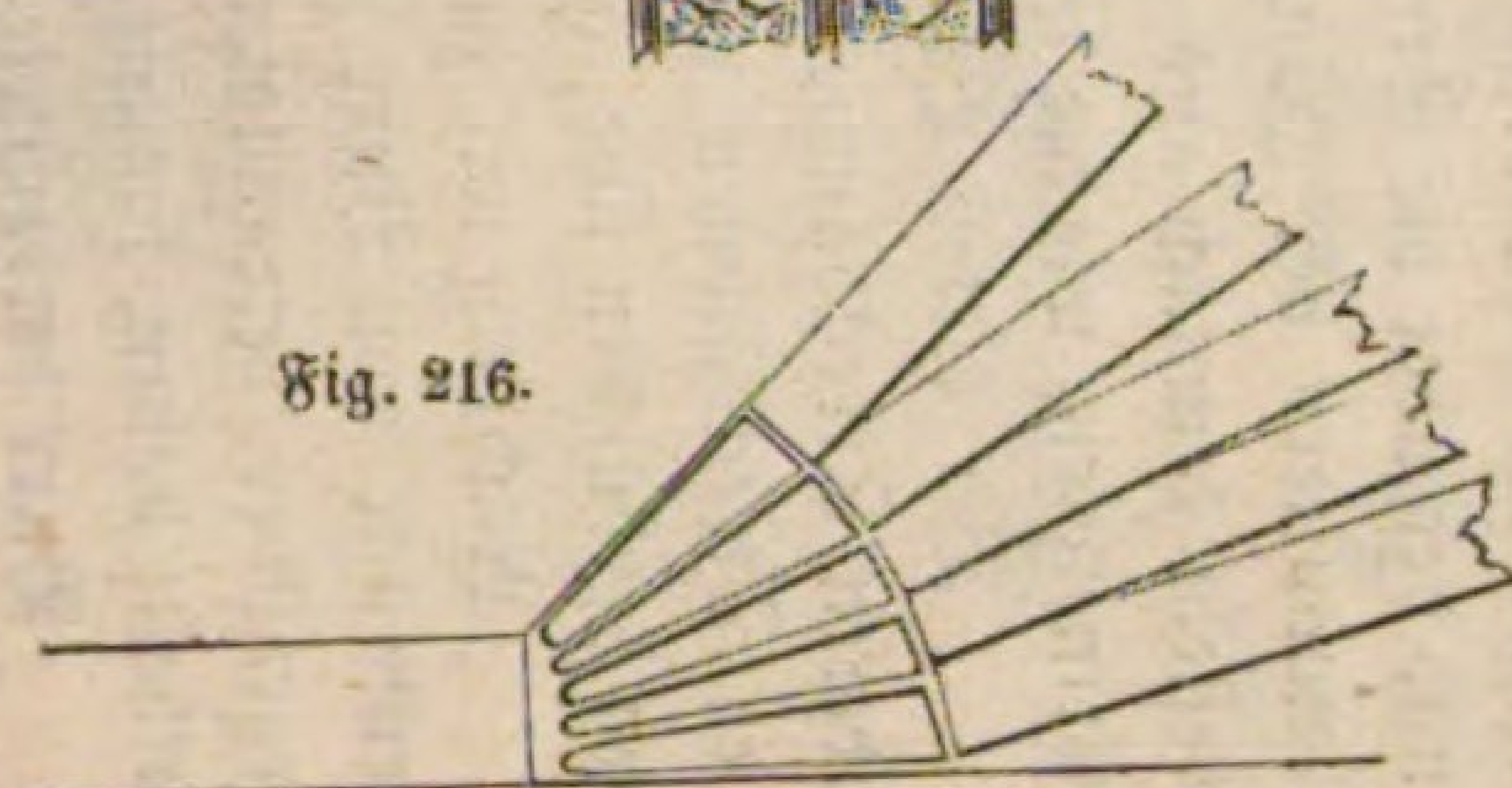


Fig. 216.

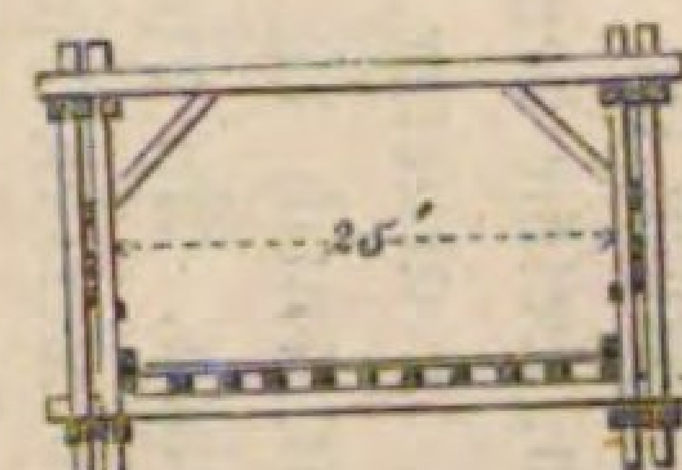


Fig. 217.

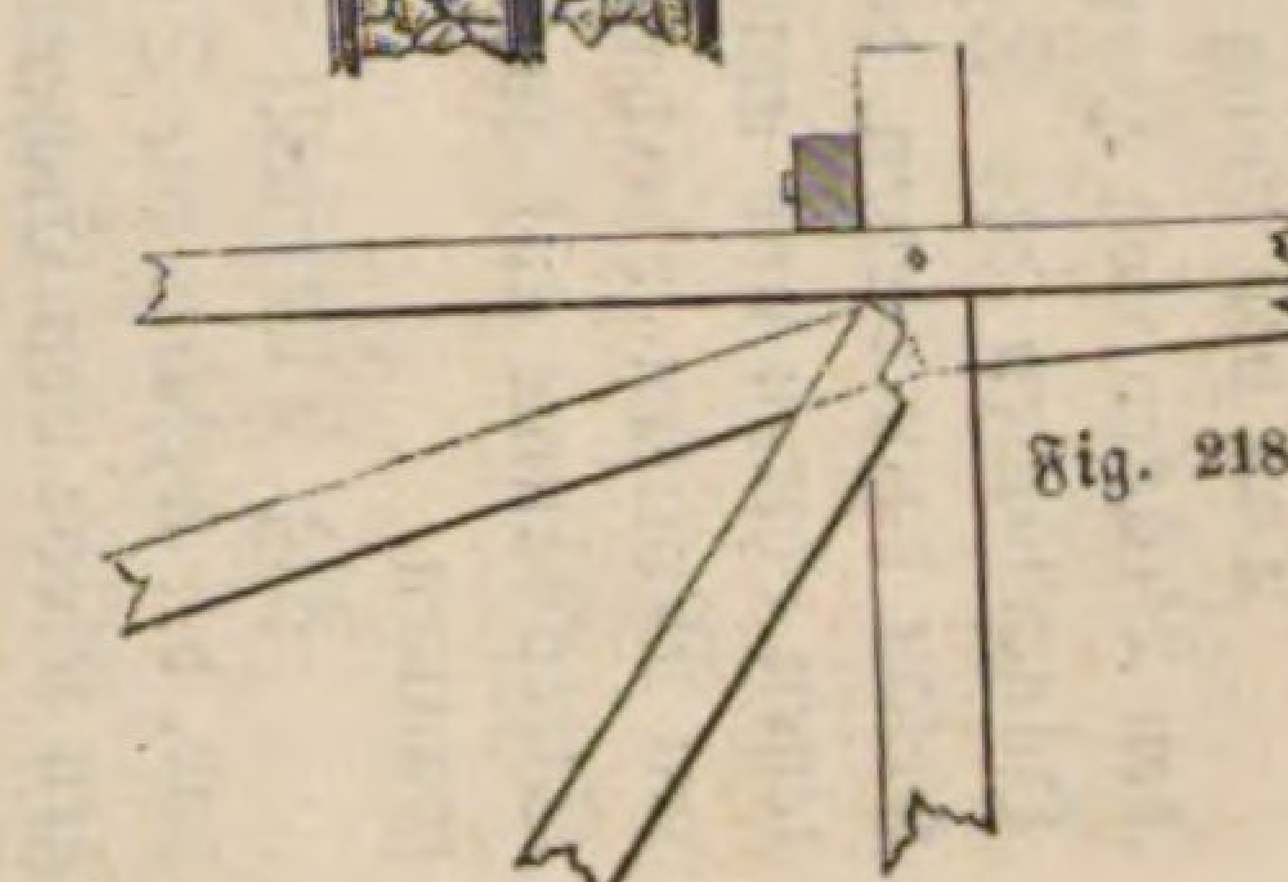


Fig. 218.

bäume oben und unten, sowie doppelte Reihen von Streben und Pfosten, sind beibehalten.

Das von Long eingeführte Constructionssystem findet sich beibehalten bei den Brücken von Howe; nur sind die senkrechten Pfosten, welche bei Long die Hängesäulen des Sprengwerks bilden, durch eiserne Hängestangen ersetzt, welche dazu dienen, die von den Streben und Gegenstreben auseinander gehaltenen oberen und unteren Reihen der Streckbäume vermittelst Schrauben, deren Muttern oberhalb der oberen Streckbäume und unterhalb der unteren Streckbäume auf quer untergelegten Zangenbalken ansitzen, fest zusammen zu spannen.


Fig. 219 stellt die Ansicht einer Howe'schen Brücke älterer Construction dar, bei welcher die Streben und Gegenstreben mit rechtwinkeligen Stößen gegen Klötze von Eichenholz gestemmt sind, und bei welcher eine Verstärkung der Tragrippen durch untergelegte Sattelhölzer, sowie durch drei Streben von jedem Widerlagspfeiler aus, bewirkt ist. Bei den neueren Constructionen ist statt des auf den Streckbäumen liegenden Eichenblocks ein gußeiserner Schuh angewendet, dessen eigenthümliche Construction aus den Ansichten *A* und *B* Fig. 219 zu ersehen ist. Auch fallen die mit den Hängeeisen verschraubten Zangenbalken, welche den zur Querverspannung angebrachten Kreuzbügen als Basis dienen, in neuerer Zeit weg, und es treten an deren Stelle eiserne Zugbänder, welche durch die Streckbäume und noch einen angesetzten Klotz von Eichenholz gehen. An diese Eichenklötze stemmen sich die Kreuzbüge rechtwinkelig an, und es werden die letzteren durch das Anziehen der eisernen Zugbänder vermittelst der Schrauben, welche an ihren Enden angebracht sind, fest angespannt. Fig. 219 *C* stellt die Verbindung der Zugbänder mit den Streckbäumen und Kreuzbügen im Grundrisse dar, mit Angabe einer Stoßverbindung der Streckbäume und der über die Streckbäume gelegten Eisenplatten, auf welchen die Schraubenmuttern der Hängeeisen sitzen. Diese Querverspannung der Tragrippen besteht demnach aus denselben Constructionstheilen und beruht auf denselben Principien, wie die senkrechten Howe'schen Tragrippen.

Bei vielen Brücken ist eine leichtere horizontale Verstärkung über den oberen Streckbäumen angebracht, welche darin besteht, daß Querschwellen mit den Streckbäumen, aber ohne Verbindung mit den Hängeeisen, durch Schrauben verbunden sind, gegen welche sich die Windstreben ansetzen.

Nachdem wir zu Anfang dieses Abschnittes die älteste amerikanische Bogenbrücke von Burr in ihrer Eigenthümlichkeit, den deutschen Bogenbrücken gegenüber, betrachtet und in Fig. 214 davon die Ansicht eines Jochfeldes mitgetheilt haben, kommen wir wieder auf die Burr'schen Brücken zurück.

Burr betrachtete den Bogen als Hauptbestandtheil seiner Brückenconstructionen, dem er durch ein System von Hängesäulen, Streben und Gegen-

Fig. 219.



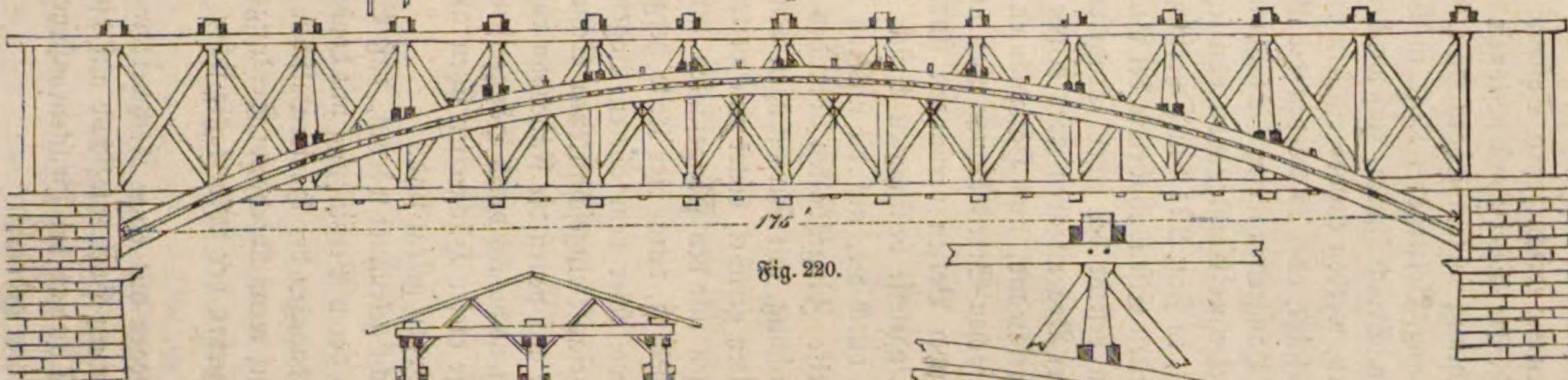


Fig. 220.

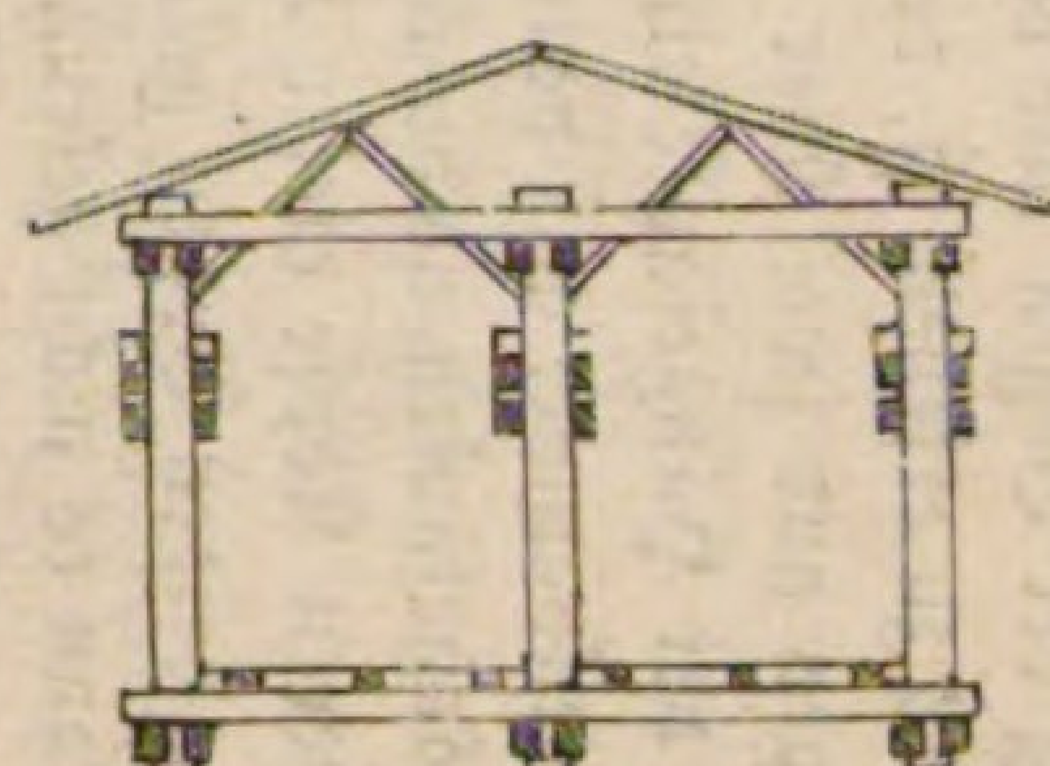


Fig. 221.

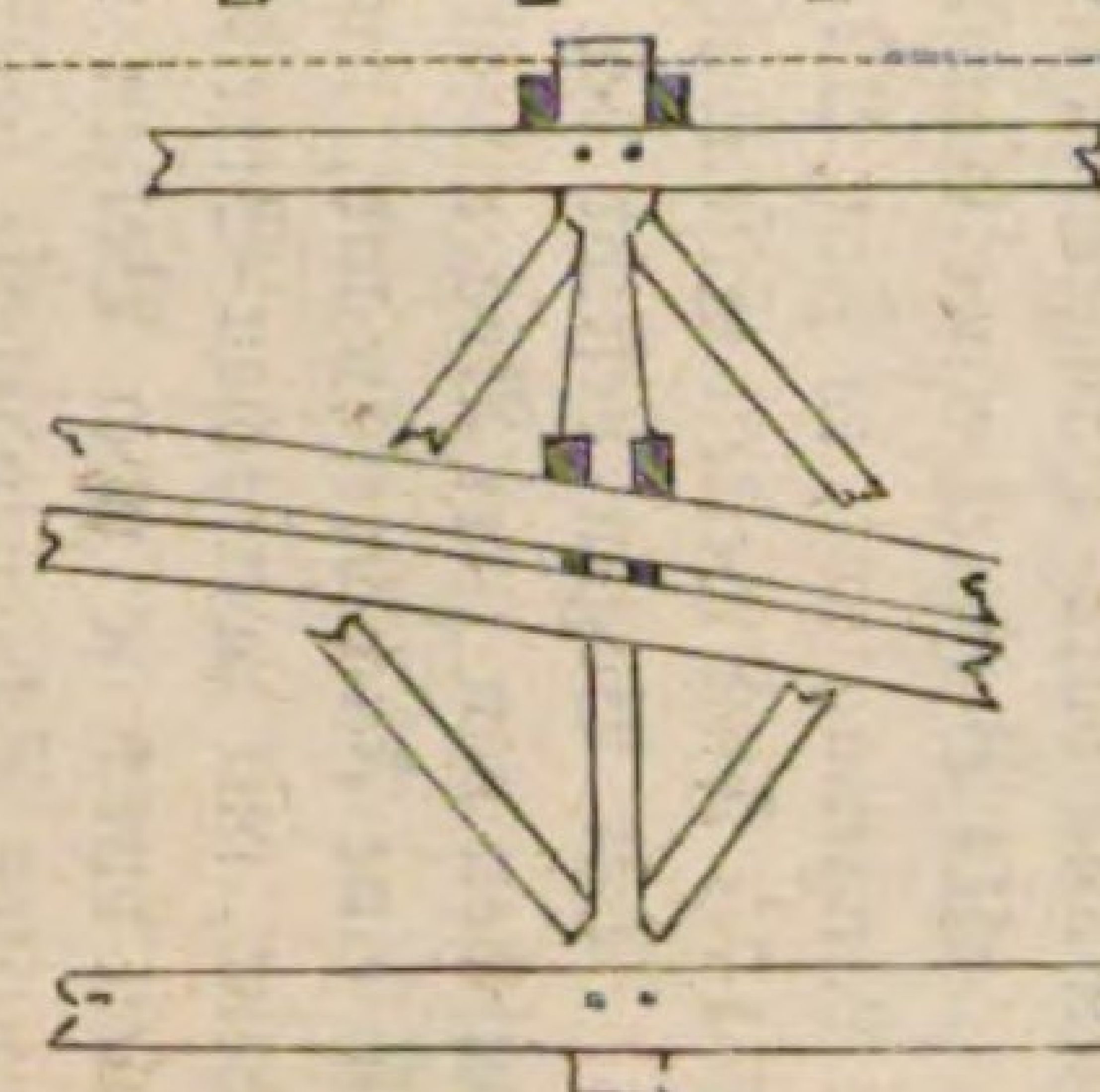


Fig. 222.

streben die erforderliche Steifigkeit zu geben suchte. Er benützte zur Herstellung seiner Tragrippen die verschiedenen Systeme der Fachwerk-, Gitter- und Bockbrücken und verstärkte diese Constructionen durch mehrfache Bogen, welche mit den in ihrer Richtung vorkommenden Hängesäulen, Streben und Gegenstreben durch Ueberblattung, Bolzen oder Keile in Verbindung gebracht sind. Die unteren Reihen von Streckbäumen, auf welchen in der Regel die Straßenträger unmittelbar ruhen, werden entweder allein durch die Hängesäulen der gesprengten Rippen unterstützt, oder es werden die Bogen noch dazu benützt, um von ihnen aus durch Hängeeisen weitere Stützpunkte herzustellen.

Als Beispiel einer Construction von letzterer Art geben wir in Fig. 220 die Längenansicht, in Fig. 221 den Querschnitt und in Fig. 222 Details von der 175 Fuß weiten Eisenbahnbrücke bei Bellow-Falls über den Connecticut.

Der Bogen besteht bei jeder Tragrippe aus zwei doppelten Bogen. Zwischen den zwei Bogenpaaren jeder Rippe befindet sich zur Vertheilung der Last eine Fachwerkswand, aus Hängesäulen, Streben und Gegenstreben bestehend, mit zweifachen Streckbäumen oben und unten, welche mit den Hängesäulen durch je zwei Bolzen verbunden sind. Die Fahrbahn dieser für ein doppeltes Schienengeleise bestimmten Brücke wird von drei Rippen getragen, welche unter sich durch die, auf die unteren Streckbäume gelegten Durchzüge und durch doppelte Zangenbalken über den oberen Streckbäumen verspannt sind. Die Bedachung, mit Strebebügen von den Hängesäulen durch die doppelten Zangenbalken geführt, bietet eine weitere Querverspannung. Die Verbindung der Bogen mit den Hängesäulen der Fachwerkswand wird, wie aus Fig. 222 zu ersehen ist, durch vier Keile hergestellt, von denen zwei zwischen die Bogen und zwei über dem oberen Bogen zwischen diesen und zu beiden Seiten der Hängesäule eingeschnittenen Schultern eingesetzt sind. Die unteren Streckbäume, auf denen die Fahrbahn ruht, sind in der Mitte zwischen je zwei Hängesäulen nochmals durch Hängeeisen von dem Bogen aus unterstützt. Die oberen Köpfe dieser Hängeeisen sitzen auf Eichenholzklötzen, welche quer über die beiden Bogen gelegt sind.

Kann es nicht geleugnet werden, daß Burr die Tragfähigkeit der Fachwerkswand durch deren Verbindung mit doppelten Bogenpaaren bedeutend vermehrt hat, so ist dagegen der Horizontalschub dieser Bogen auf die Widerlager um so bedenklicher, wenn überhaupt Senkungen der Fachwerkswände entstehen, so daß ein Verschieben der Widerlager sicher den Einsturz der Brücke herbeiführen muß.

Den Tragbogen mit einer Fachwerkswand so in Verbindung zu setzen, daß der Bogen keinen Horizontalschub auf die Widerlager äußert, wurde am einfachsten von Thayer bei Brückenconstructionen von bedeutender Spannweite in Anwendung gebracht.

Eine Brücke von Thayer für eine Spannweite von 165 Fuß stellt Fig. 223 in der Längenansicht und Fig. 224 im Querschnitte dar. Jede Tragrippe besteht aus zwei Fachwerkswänden, aus Hängesäulen und Streben bestehend, jede mit doppelten Streckbäumen oben und unten. Die zu einer Tragrippe verbundenen zwei Fachwerkswände treffen nun nur mit den inneren Streckbäumen zusammen und lassen zwischen den Hängesäulen und Streben einen Zwischenraum, in welchem der aus vier übereinander gelegten Bohlen gebildete Bogen sich befindet. Dieser Bogen schließt im Scheitel an die inneren oberen Streckbäume und ist an seinen Enden über den Widerlagern in den unteren Streckbäumen eingelassen und mit diesen verbolzt, so daß die letzteren

Fig. 223.

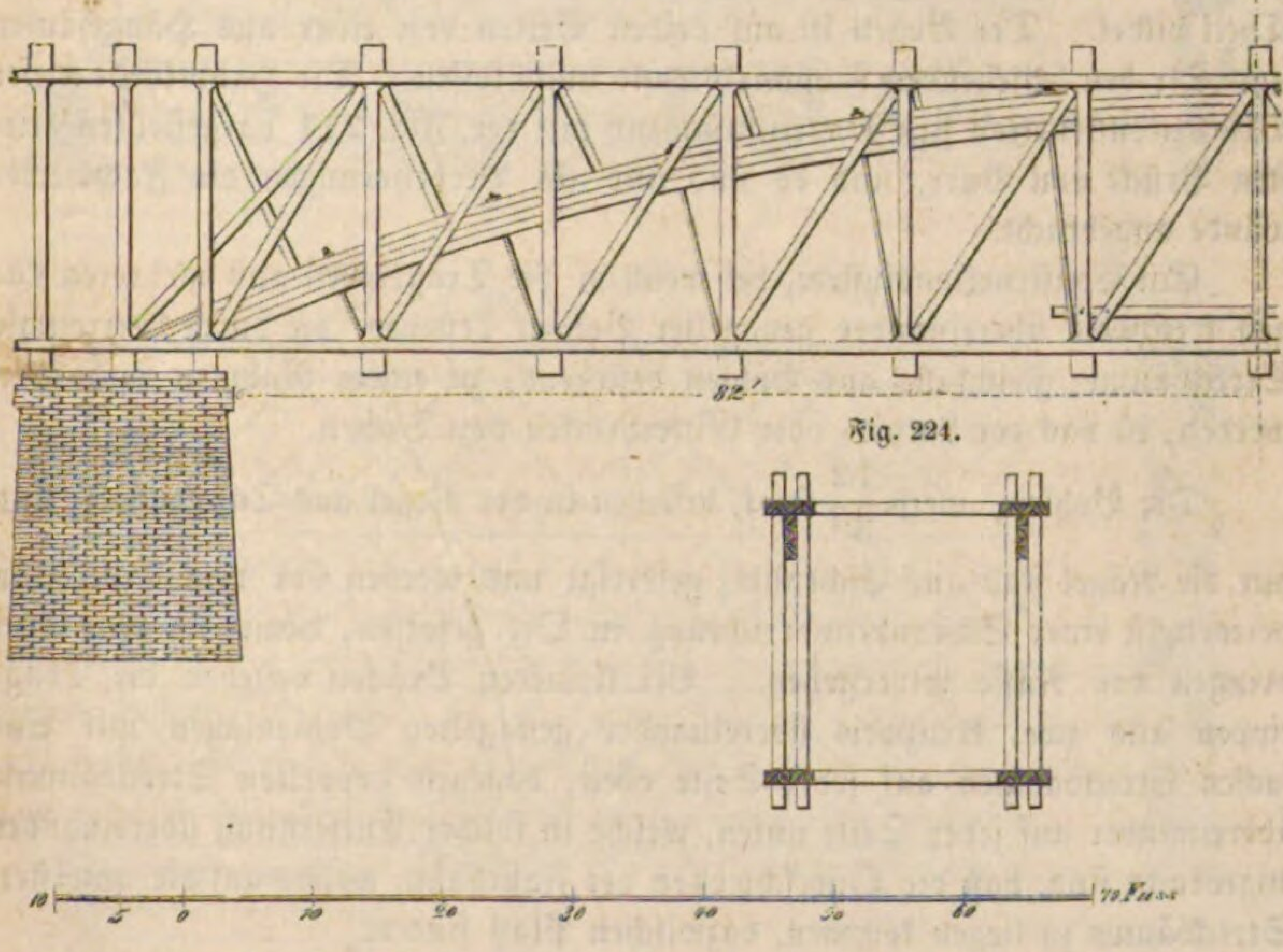


Fig. 224.

die Sehne des Bogens bilden, und dieser daher keinen Horizontalschub auf die Widerlager ausüben kann. Die unteren Streckbäume sind durch Hängeeisen an den Bogen gehängt, welche von den äußeren Ecken der Hängesäulen und unteren Streckbäume senkrecht auf den Bogen geführt sind, und es wird eine gleichmäßige Vertheilung der Last auf den Bogen durch Pfosten bewirkt, welche von den innern Ecken der Hängesäulen und der obern Streckbäume senkrecht auf den Bogen gesetzt sind.

Diese Construction vereinigt die Vortheile der Burr'schen Bogenbrücke älterer Construction nach Fig. 214 und der Howe'schen Fachwerkbrücken nach Fig. 219, und es ist außerdem der Horizontalschub des Bogens aufgehoben;

doch fällt es in die Augen, daß der Bogen allein als nicht ausreichend stark angenommen ist, um alle Belastung der Brücke allein zu tragen, und daß das Fachwerk viel zu stark construirt ist, wenn es nur dazu dienen soll, die Belastung auf den Bogen gleichmäßig zu vertheilen. Ist nun der Bogen für sich allein, und sind ebenso die Fachwerkswände für sich nicht ausreichend stark, um alle Belastung zu tragen, so wird die Fachwand, wegen der daran vorkommenden vielen Stöße, eine größere Einsenkung erleiden, als der Bogen, und es wird sonach die Fachwerkswand erst alsdann belastet werden, wenn der Bogen bereits Einsenkungen erlitten hat.

Eine Bogenbrücke Brown's ist von der vorbeschriebenen Brücke Thayer's darin unterschieden, daß der auf den aus Bohlen gebildeten Tramen gesetzte und aus übereinander gelegten Bohlen construirte Bogen den allein tragenden Theil bildet. Der Bogen ist auf beiden Seiten von einer aus Hängesäulen und Streben bestehenden Fachwerkswand umschlossen. Die Haupttheile dieser Brückenconstruction sind übereinstimmend mit der, Fig. 214 dargestellten ältesten Brücke von Burr, und es sind nur als Verbesserungen die Fachwerkswände angebracht.

Ein Constructionssystem, bei welchem die Tragrippen aus mehreren Lagen kreuzweis übereinander genagelter Bohlen bestehen, die durch horizontale Streckbäume, gleichfalls aus Bohlen bestehend, zu einem Rahmen verbunden werden, ist das der Latten- oder Gitterbrücken von Town.

Die Bohlen, meist $\frac{12}{3''}$ stark, bestehen in der Regel aus Tannenholz, und nur die Nägel sind aus Eichenholz gefertigt und werden vor dem Eintreiben vermittelst einer Schraubenvorrichtung in Oel gesotten, damit sie dem Eindringen der Nässe widerstehen. Bei kleineren Brücken bestehen die Tragrippen aus zwei kreuzweis übereinander genagelten Bohlenlagen mit einfachen Streckbäumen auf jeder Seite oben, dagegen doppelten Streckbäumen übereinander auf jeder Seite unten, welche in solcher Entfernung übereinander angebracht sind, daß die Querschwellen der Fahrbahn, welche auf die untersten Streckbäume zu liegen kommen, dazwischen Platz finden.

Da die kreuzweis übereinander genagelten Bohlen der Belastung nur mit ihrer relativen Festigkeit widerstehen, so ist dieses Constructionssystem, welches wegen seiner überaus leichten Ausführbarkeit auch außerhalb Amerika vielfach adoptirt wurde, in neuester Zeit für Brücken von größeren Spannweiten selbst in Amerika als unhaltbar aufgegeben worden, wogegen es als das wohlfeilste für Brücken für leichtes Fuhrwerk und nicht große Spannweiten noch um deswillen Anwendung findet, weil die Tragrippen selbst von ungeübten Handwerkern hergestellt werden können.

Man wendet zur Vermehrung der Steifigkeit der Tragrippen außer den

oberen und unteren Streckbäumen noch weitere Streckbäume, und zwar da an, wo auf der Höhe der quadraten Hauptfelder die Bohlen sich kreuzen.

Wir geben in Fig. 225 die Ansicht eines Theils und in Fig. 226 den Durchschnitt einer aus zwei Bohlenlagen gebildeten Tragrippe, und in Fig. 227 die Ansicht eines Theils, sowie in Fig. 228 den Durchschnitt einer aus vier

Fig. 225.

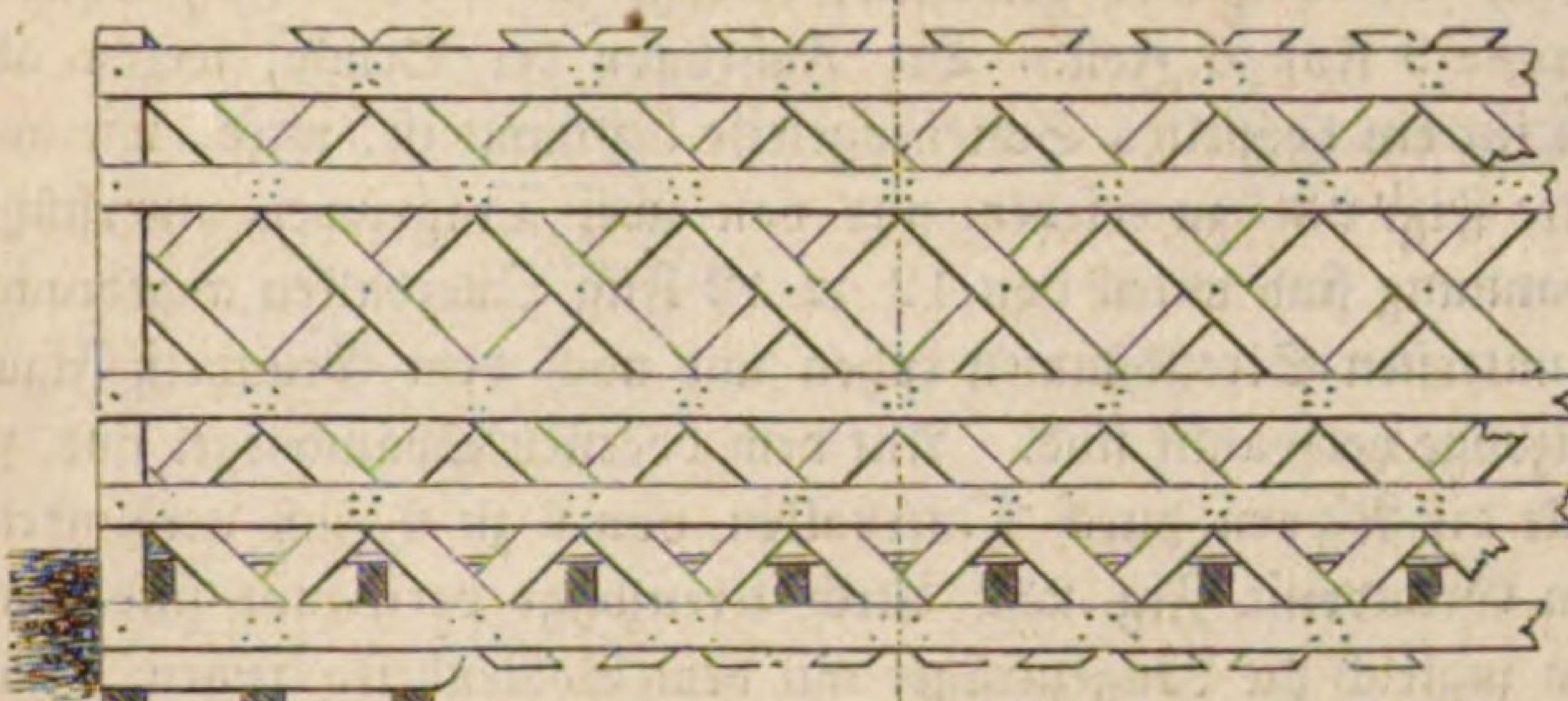


Fig. 226.



Fig. 227.

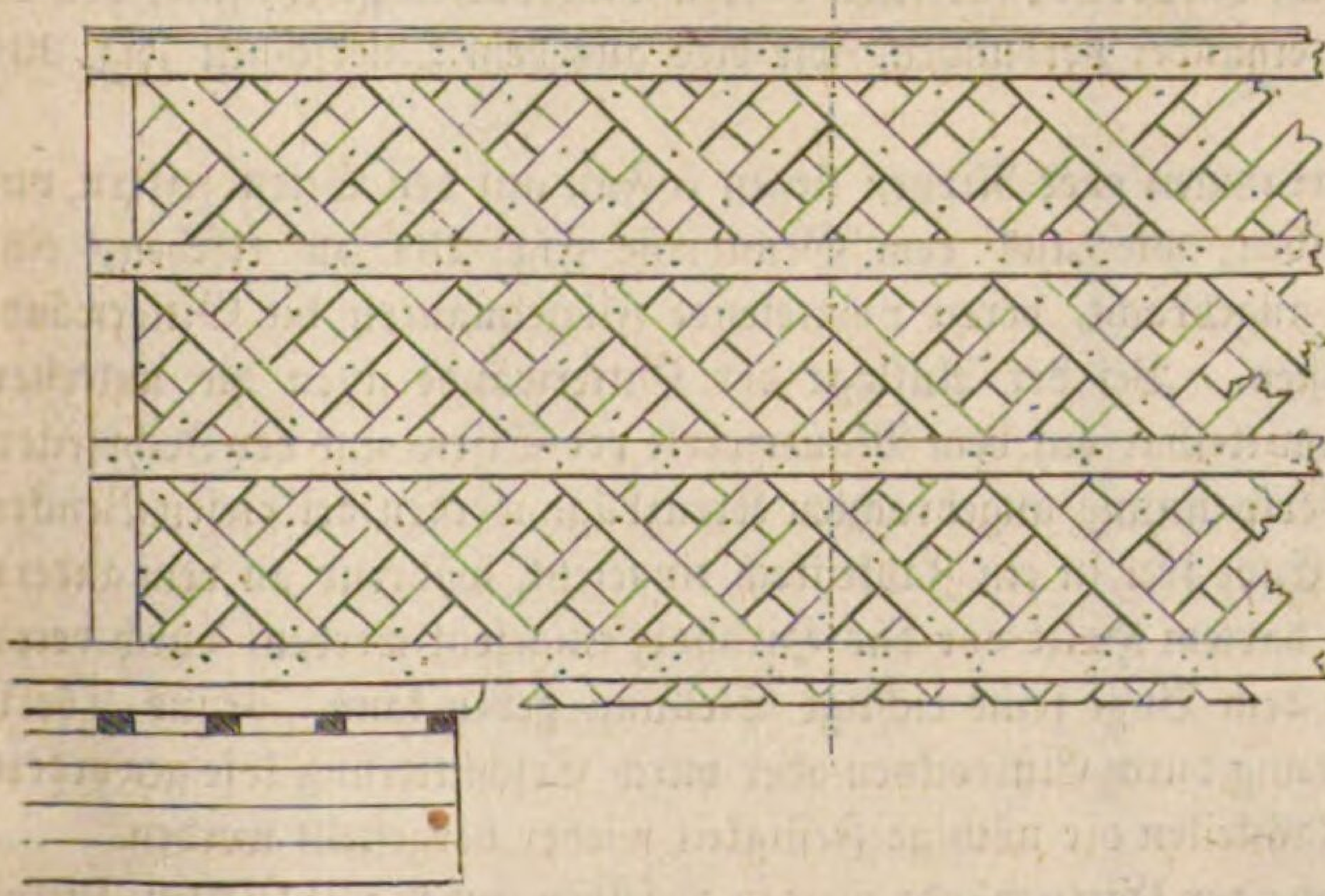


Fig. 228.



Bohlenlagen gebildeten Tragrippe nach Town's System, und glauben annehmen zu dürfen, daß diese Zeichnungen vollkommen genügen, um die überaus einfache Construction ohne weitere Erläuterung deutlich zu machen.

Als Beispiel einer Town'schen Gitterbrücke, bei welcher die Tragrippen unterhalb der Fahrbahn aufgestellt sind, sonach als Sprengwerke zu betrachten sind, geben wir in den Fig. 229 bis 232 die Längenansicht, den Querschnitt und die Balkenlagen einer Brücke von 78 Fuß Spannweite, bei welcher die

Vergitterung nur aus zwei sich kreuzenden, dreizölligen fichtenen Bohlenlagen von 12 Zoll Breite gebildet ist. Diese Bohlen sind an den Stellen, wo sie sich kreuzen, unter sich, und wo die Streckbäume, aus einer doppelten Lage von Bohlen bestehend, über die Kreuzungsstellen greifen, auch mit den Streckbäumen durch je einen eichenen Nagel von $1^1/_2$ Zoll Dicke verbunden. Die Höhe der Gitterwand, von der Unterkante des untersten Streckbaumes bis zur Oberkante des obersten Streckbaumes gemessen, beträgt für die 78 Fuß Spannweite dieser Brücke 9 Fuß 6 Zoll. Die Fahrbahn der Brücke, welche als Eisenbahnbrücke für ein doppeltes Schienengeleise bestimmt ist, wird, wie aus dem Querschnitte Fig. 230 zu ersehen, nur von zwei Tragrippen unterstützt. Zur Querverspannung sind unten von 12 zu 12 Fuß Querbalken angebracht, welche auf den untersten Streckbäumen ruhen und nach dem Grundriß Figur 231 durch Kreuzbüge verspannt sind. Auf dem obersten Spannriegel sind zu demselben Zwecke die Rippen durch Querbalken von 6 zu 6 Fuß verbunden, welche nach dem Grundrisse Fig. 232 durch Kreuzbüge verspannt sind, und auf welchen nun zugleich die Längenträger mit dem Bohlenbeleg ruhen. Zur weiteren Sicherung gegen das Umschlagen der von oben belasteten Tragrippen sind dieselben durch vertikale Kreuzbüge, welche von den unteren Querbalken gegen die senkrecht darüber befindlichen oberen Querbalken gesetzt sind, von 12 zu 12 Fuß mit einander verbunden, wie dies aus dem Querschnitt Fig. 230 ersichtlich ist.

Die Gitterrahmen oder Rippen liegen 5 Fuß auf den Stirnpfeilern, und es ist an denselben, wie aus dem Grundrisse Fig. 231 zu ersehen, eine Brückenkammer angebracht, deren vortretende Flügelmauern die Gitterwände seitlich umschließen. Bei der Auflage der Gitterwände sitzen die untersten Streckbäume unmittelbar auf dem Mauerwerke der Stirn- und der Jochpfeiler.

Die zur Verspannung angebrachten Kreuzbüge werden bei diesen Brücken an ihrem einen Ende frei in ein Zapfenloch eingesetzt, während an dem andern Ende Keile von hartem Holze vor das Hirnholz eingesetzt werden, durch deren Eintreiben man dem Buge seine richtige Stellung geben kann. Sind Theile der Querverbindung durch Eintrocknen oder durch Erschütterung lose geworden, so kann durch Nachkeilen die nöthige Festigkeit wieder hergestellt werden.

Zum Schutze der Gitterwände werden dieselben außen mit leichten Dielen verschaalt. Werden Brücken von bedeutender Länge durch Jochpfeiler unterstützt, so bestehen die Gitterwände für die ganze Länge aus einem durch die Streckbäume innigst verbundenen Ganzen. Da, wo bei den Streckbäumen, welche bei größeren Brücken aus einer doppelten Lage von 3 bis 4 Zoll dicken und 12 Zoll breiten Bohlen bestehen, Stöße vorkommen, welche stets in beiden Lagen wechseln müssen, sind über die Fugen Eisenplatten gelegt und mit den Bohlen verschraubt.

Fig. 229.


Fig. 231.

Fig. 232.

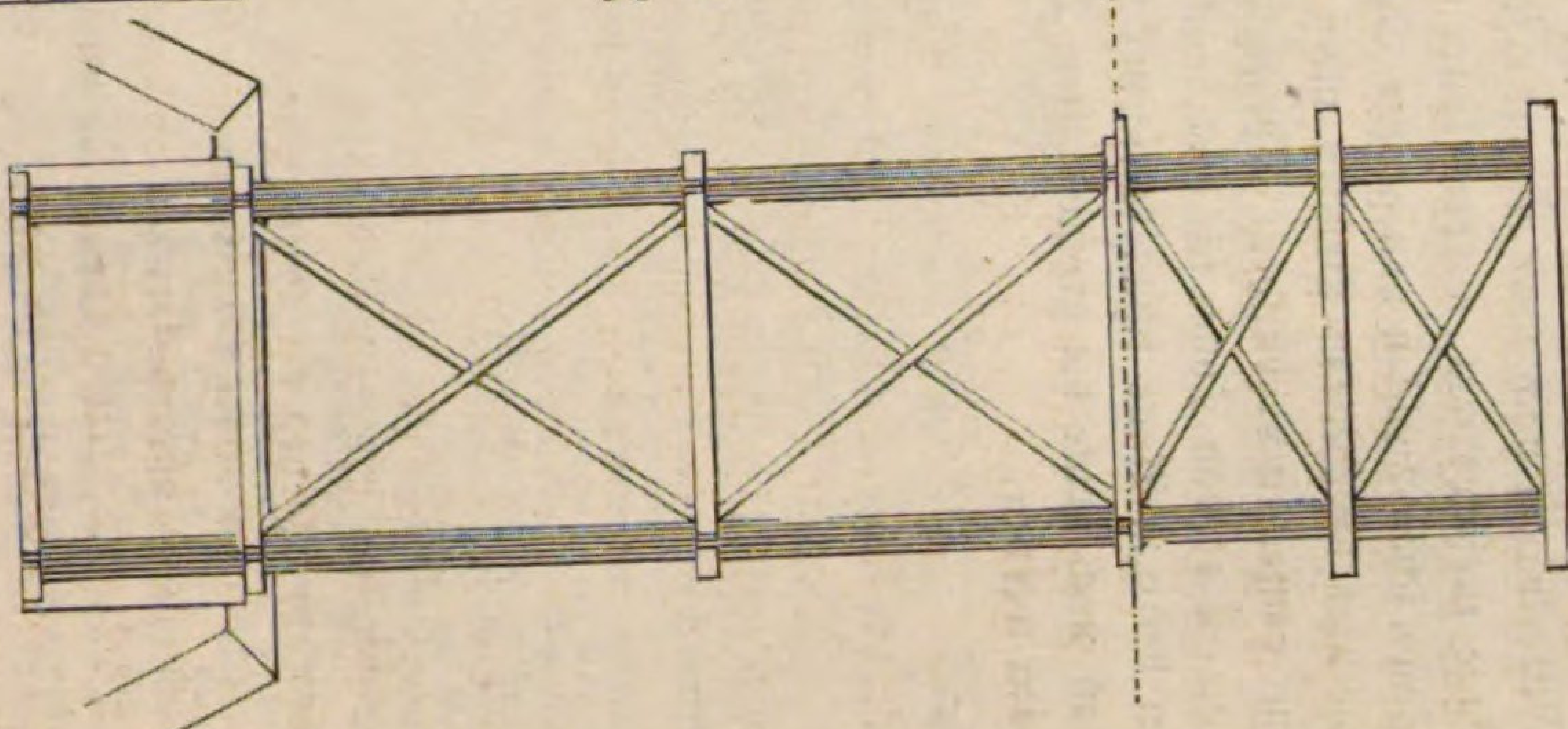
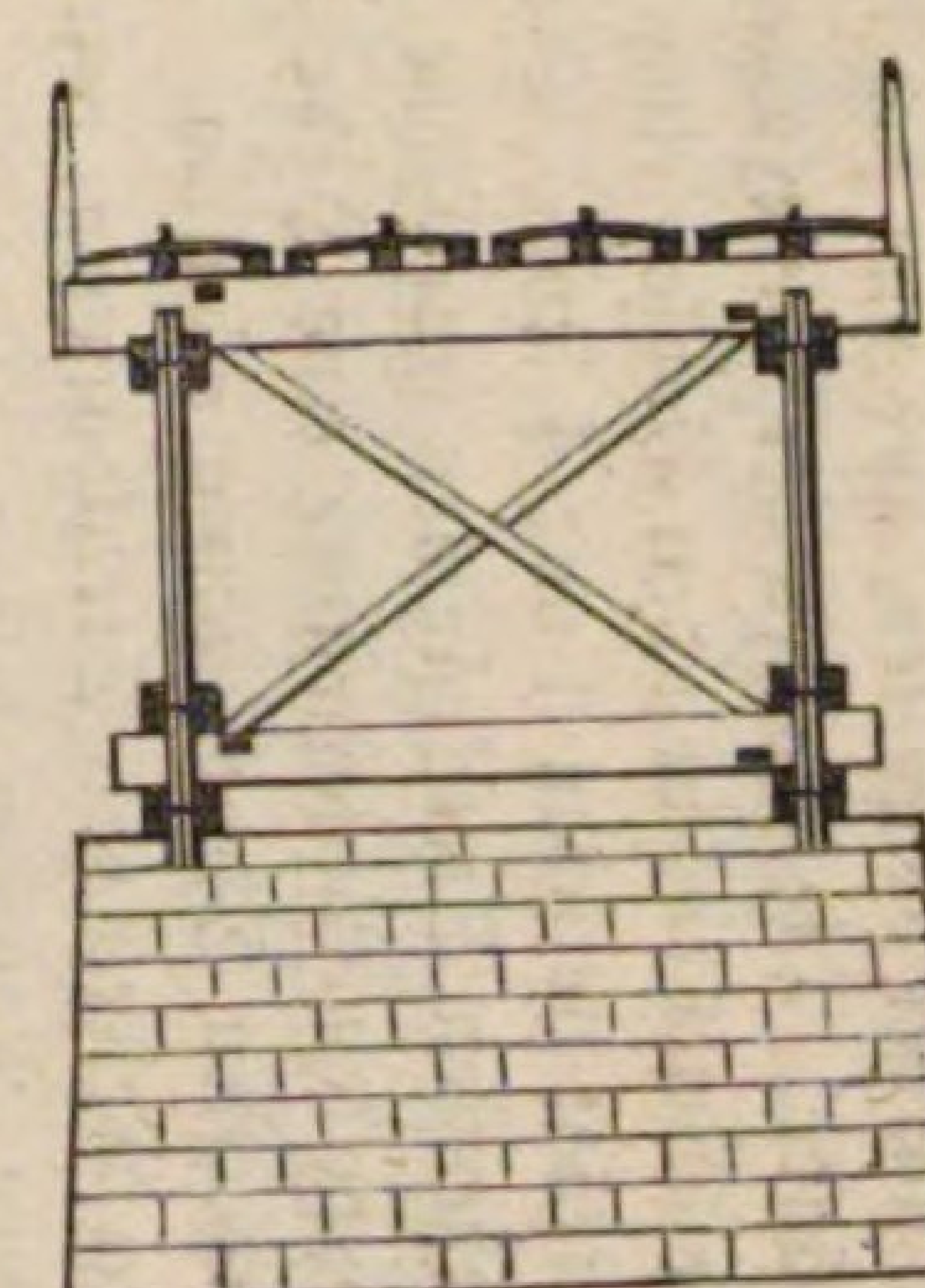


Fig. 230.



Town wendete bei Brücken bis zu 120 Fuß Spannweite meist nur einfache Gitterwände an, und erst bei größeren Weiten bis zu 200 Fuß bediente er sich der doppelten, aus vier sich kreuzenden Bohlenlagen bestehenden Gitterwände. Die Bohlen der Gitterwände kreuzen sich stets im rechten Winkel, und die Weite der von den Bohlen eingeschlossenen quadraten Felder oder Maschen beträgt zwischen 3 und 4 Fuß. Die einfachen Gitterwände haben zwischen den äußersten Streckbäumen eine Höhe von zwei bis drei Maschen, während die doppelten Gitterwände eine Höhe von vier bis fünf Maschen zwischen den äußersten Streckbäumen erhalten. Einfache Gitterwände haben in der Regel drei Reihen von Streckbäumen, von denen zwei den untern und nur eine den obern Rahmen bilden. Doppelte Gitterwände haben vier und, bei großer Spannweite der Brücken, sogar fünf Reihen von Streckbäumen, deren eine in der Mitte der Wand sich befindet.

Wenn sich die Construction der Town'schen Gitterbrücken durch ihre Einfachheit empfiehlt, so gereicht ihr doch das zu gerechtem Vorwurfe, daß die Gitterwände nach einer einmal erfolgten Senkung nicht wieder in ihre frühere Lage zurückversetzt werden können. Dieser Nachtheil trat bei den ältern Town'schen Brücken von großer Spannweite sehr bald zu Tage, und es sind die noch bestehenden Brücken meist durch über die Gitterwände geführte und mit denselben verbundene Sprengwerke oder Tragebögen verstärkt.

Das von Town für Holzbrücken erdachte Constructionssystem wurde später bei dem Baue schmiedeeiserner Brücken adoptirt und so bewährt gefunden, daß noch heute die großartigsten Werke nach diesem Constructionssystem gebaut werden.

Ende des zweiten Theiles.

Druck von Giesecke & Devrient in Leipzig.

Inhalt des zweiten Bandes.

Analysen verschiedener Stoffe (58 Recepte). — **Anstriche für Holzwerk, Häuser, Metalle** &c. (32 Rec.). — **Beleuchtungsmaterialien und Verwandtes** (26 Rec.). — **Bilder** (11 Rec.). — **Bleicherei** (6 Rec.). — **Branntweine**, verschiedene, Darstellung, Entfuselung, Färbung &c. (62 Rec.). Rum aus Branntwein (6 Rec.). Arak aus Branntwein (3 Rec.). Verschiedene Spiritusarten (5 Rec.). — **Brennmaterialien** (3 Rec.). **Bronzen**, verschiedene, 37 Rec.). — **Conditoreiwaaren** (6 Rec.). — **Conservirungsmittel** (7 Rec.). — **Copirleinwand und Copirpapier** (2 Rec.). — **Düngemittel** (20 Rec.). — **Edelsteine** [Benennung und Darstellung] (66 Nrn.). — **Essenzen** [Bischoff-, Grog- und Punschessenzen] (7 Rec.). — **Färberei** (251 Rec.). Färbepräparate (61 Rec.). Farben und Farbenmischungen (179 Rec.). Verschiedenes über Farben (11 Rec.). **Federn** [Benennungen] (11 Arten). — **Feuer, bengalische** (3 Rec.). — **Firnisse, Polituren** &c. (49 Rec.). — **Gewürze** (9 Rec.). — **Glasfabrikation** (3 Rec.). — **Gutta-Percha-Präparate** (10 Rec.). — **Hefenfabrikation** (9 Rec.). — **Kesselstein** [Mittel gegen denselben] (5 Rec.). — **Kittfabrikation** (8 Rec.). — **Legirungen** (14 Rec.). — **Leimfabrikation** (3 Rec.). — **Liqueurfabrikation** (99 Rec.). Essenzen &c. (88 Rec.). Färbung der Liqueure (11 Rec.). — **Malerei und Malerfarben und dahin Gehöriges** (31 Rec.). — **Metalle** (27 Rec.). Aluminium (1 Rec.). Blei (3 Rec.). Eisen (7 Rec.). Gold (3 Rec.). Kupfer, Messing &c. (9 Rec.). Silber (1 Rec.). Silicium (2 Rec.) Zink (1 Rec.). — **Mittheilungen und verschiedene Mittel** (92 Rec.). — **Mittel, magenstärkende** &c. (14 Rec.). — **Nahrungsmittel** (3 Rec.). — **Oele** (25 Rec.). — **Oelgemälde** (67 Rec.). — **Parfümerie** (119 Rec.). Essige (24 Rec.). Haarmittel (11 Rec.). Oele (14 Rec.). Räuchermittel (12 Rec.). Seifen (5 Rec.). Spiritusarten (12 Rec.). Wässer und Verschiedenes über Parfümerie und Verwandtes (43 Rec.). — **Photographie** (14 Rec.). — Ferner 510 Recepte über folgende Gegenstände: **Präparate, chemische und technisch-chemische.** — **Prüfungsmittel**, verschiedene. — **Polir-, Putz- und Reinigungsmittel.** — **Rauchtabakfabrikation.** — **Schnupftabakfabrikation.** — **Seifenfabrikation.** — **Senffabrikation.** — **Steine**, gewöhnliche, und Erdarten. — **Tintenfabrikation.** — **Verfälschungen.** — **Vergoldung, Versilberung, Ueberziehung der Metalle** &c. — **Wachs- und Wachspräparate.** — **Wäscherei**, chemische. — **Wässer**, verschiedene aromatische. — **Wasserglaspräparate.** — **Weine**, diverse. — **Zahnpulver.** — **Zuckersäfte.** — **Zündhölzer.**

In demselben Verlage erschien:

Neuestes Vademecum des Vergolders.

Ein Hand- und Hülfsbuch für Metallarbeiter, insbesondere für G[ü]rtler.

Gründliche Anweisung zur Erzeugung der Feuervergoldung, der nassen Vergoldung und Versilberung, der Contact-Vergoldung und Versilberung, sowie der galvanischen Ueberziehung der Metalle überhaupt. Nach den bewährtesten Quellen, den gebräuchlichsten und neuesten Methoden und auf Grund eigener Erfahrungen bearbeitet

von

Dr. Emil Winckler,

Inhaber des polytechnischen Bureaus und chemischen Laboratiums in Offenbach a. M.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen. Eleg. geheftet: Preis $1^1/_3$ Thlr.

Die Firniß- und Lack-Fabrikation.

Nebst einer Anleitung zur Lackirkunst. Nach den bewährtesten Methoden und auf Grund eigener Erfahrungen bearbeitet von Dr. Emil Winckler.

Zweite durchgesehene Auflage.

Vermehrt mit Vorschriften, enthaltend die neuesten Benz-Chloroform- und andere bewährte Firnisse.

Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen. Eleg. geheftet: Preis $1^1/_2$ Thlr.

Diese praktischen Bücher, welche die bewährtesten Methoden in wissenschaftlicher Weise zu vereinigen und dergestalt zu einer wahren Fundgrube selbst für den erfahrenen Fachmann zu machen suchen, sind die neuesten und vollständigsten aller derartigen Hülfsbücher. Ein Blick in diese Werke selbst zeigt Jedem, was er von ihnen zu erwarten hat, und es können solche in allen guten Buchhandlungen in Einsicht genommen werden. Ein billiger Preis erleichtert die größtmöglichste Verbreitung dieser Vademecums.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

Harres, B.

Die Schule des Zimmermanns ein praktisches Hand- und Hülfsbuch für Architekten und Bauhandwerker, so wie für Bau- und Gewerbschulen

Bd.: 2

Leipzig 1861